

Implementação da norma NP EN ISO 50001 no ISEP ? requisitos específicos dos edifícios B, G e H

ANTONIO FILIPE LOPES BORGES

novembro de 2016



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica Sistemas Eléctricos de
Energia
2016

**Implementação da norma NP EN ISO 50001 no ISEP – requisitos
específicos dos edifícios B, G e H.**

António Filipe Lopes Borges

Versão Final

Orientador: Carlos Felgueiras, mcf@isep.ipp.pt
Coorientado: Nídia Caetano, nsc@isep.ipp.pt

Candidato: António Filipe Lopes Borges, Nº de aluno 1080383, 1080383@isep.ipp.pt

"Persistence is the shortest path to success." (Charles Chaplin)

Agradecimentos

Quero aqui deixar um agradecimento especial e sincero à orientadora doutora Nídia Caetano, pela sua disponibilidade para me ajudar e apoiar na concretização deste trabalho. Agradeço da mesma forma ao doutor Carlos Felgueiras.

Ao Engenheiros Barrote Dias, por me ter fornecido dados relacionados com as faturas da eletricidade e do gás natural, assim como as plantas em formato de AUTOCAD.

Aos meus amigos e colegas de curso que me acompanharam durante os momentos bons e maus, agradecendo os excelentes momentos de convívio que foram sendo proporcionados.

Por último, mas com um agradecimento especial, quero agradecer aos meus familiares, nomeadamente os meus pais e irmão, que sempre me apoiaram durante todo o meu percurso no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Resumo

Este trabalho surge no âmbito da dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia. Genericamente, pretende-se avaliar a possibilidade de criar na organização INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO (ISEP) DO POLITÉCNICO DO PORTO (P.PORTO) a base para a aplicação geral da norma *NP EN ISO 50001- Sistemas de gestão de energia – requisitos e orientações para a utilização*. Já que o ISEP não dispõe de um Sistema de Gestão integrado, nomeadamente em termos de certificação de Qualidade, Ambiente e Segurança, neste trabalho pretende-se criar uma base de dados com a documentação exigida por um SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICO (SGE), preconizado na norma *NP EN ISO 50001*. Fundamentalmente, esta norma visa melhorar, de uma forma contínua, o desempenho energético da organização, incluindo a eficiência, uso e consumo de energia. Tal como os sistemas de gestão referidos anteriormente, esta norma tem por base uma metodologia *PDCA* (Planear, Executar, Verificar e Atuar).

Nesta dissertação o leitor encontra o enquadramento histórico da norma *NP EN ISO 50001*, uma descrição dos pilares em que assenta a metodologia *PDCA*, informações detalhadas sobre os temas abordados na norma, e os requisitos a ela associados. São abordados e definidos de forma documentada a política energética, o âmbito e os limites do SGE do ISEP, bem como os procedimentos gerais; instruções de trabalho e formulários requeridos pela norma *NP EN ISO 50001*. Além disso é apresentada uma proposta de planeamento energético, tendo em conta a legislação energética nacional em vigor, uma proposta de política energética e é feita a avaliação energética do ISEP. Neste âmbito foram desenvolvidos indicadores, objetivos e metas de desempenho energético, bem como planos de ação a implementar para cumprimento desses objetivos. Por fim, propõem-se medidas, com o intuito de melhorar o desempenho energético do ISEP, e definem-se as monitorizações, medições e análises necessárias para assegurar a implementação efectiva do SGE.

Palavras-chave: SGE; NP EN ISO 50001; PDCA; desempenho energético; eficiência energética, uso e consumo racional de energia, impactes ambientais.

Abstract

This work was performed in the framework of the final thesis of the Master in Electrical Engineering - Electrical Power Systems. Generally, the aim is thus to assess the possibility of creating in the organization (School of Engineering (ISEP) of the polytechnic of Porto (P. Porto)) the basis for the application of *NP EN ISO 50001 - Energy Management Systems - Requirements and guidelines for use*. ISEP does not have an integrated management system, particularly in terms of Quality, Environment and Safety certifications; this work aims at creating a database with the documentation required by an Energy Management System (EMS), as recommended in the NP EN ISO 50001 standard. Fundamentally, this standard aims to improve continuously the energy performance of the company, including energy efficiency, energy use and consumption. As the management systems mentioned above, this standard is based on a *PDCA* methodology (Plan, Do, Check and Act).

Throughout this thesis, the reader can get detailed information on the issues pertaining to the content and structure of this standard, as well as meet the corresponding requirements, its historical framework and a description about the pillars on which the *PDCA* methodology is based on. The energy policy, the scope and limits of the company EMS, as well as the general procedures required by NP EN ISO 50001 are addressed and defined in documented form. In addition, a proposal of an energy plan is presented, taking into consideration the regulations; Energy policy of ISEP was proposed and energy assessment was done, where indicators, objectives and energy performance targets and action plans to achieve these goals were developed. Finally, measures have been proposed in order to improve the energy performance of ISEP and the monitoring, measurement and analysis needed to ensure the effective implementation of the EMS were developed.

Keywords: EMS; NP EN ISO 50001; *PDCA*; energy performance; energy efficiency; energy use and consumption; environmental impacts.

Résumé

Ce travail relève de la thèse de maîtrise en génie électrique - systèmes électriques de puissance. Génériquement, nous avons l'intention d'évaluer la possibilité de créer le PORT organisation INSTITUTSUPERIOR PORT ENGINEERING TOP (ISEP) DE POLYTECHNIQUE (P.PORTO) la base de l'application générale des 50001 NP EN ISO - Systèmes de gestion de l'énergie - Exigences et les lignes directrices pour l'utilisation. Depuis l'ISEP ne dispose pas d'un système intégré de gestion, notamment en matière de certification de la qualité, l'environnement et la sécurité, ce travail vise à créer une base de données avec les documents requis pour SYSTÈME DE GESTION DE L'ÉNERGIE (SGE), recommandé NP eN ISO 50001. Fondamentalement, cette norme vise à améliorer, sur une base continue, la performance énergétique de l'organisation, y compris l'efficacité, l'utilisation de l'énergie et de la consommation. Comme les systèmes de gestion mentionnés ci-dessus, cette norme est basé sur une méthodologie PDCA (Plan, Exécuter, Vérifier et Loi).

Dans cette thèse, le lecteur trouve l'arrière-plan historique de la NP EN ISO 50001, une description des piliers sur lesquels la méthodologie PDCA, des informations détaillées sur les sujets traités dans la norme et les exigences qui lui sont associés. Ils sont abordés et définis dans la politique sous forme d'énergie documentée, la portée et les limites de SGE ISEP, et les procédures générales; instructions de travail et formulaires requeridos par NP EN ISO 50001. En outre donne une proposition de planification de l'énergie, en tenant compte de la législation nationale de l'énergie, une politique énergétique proposée est faite et l'évaluation de l'énergie de l'ISEP. Dans ce contexte, les indicateurs ont été mis au point, les objectifs et les cibles de performance énergétique et des plans d'action à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs. Enfin, proposer des mesures en vue d'améliorer la performance énergétique de l'ISEP, et mettre en place la surveillance, de mesure et d'analyse nécessaires pour assurer la mise en œuvre effective de la SGE.

Mots-clés: SGE; NP EN ISO 50001; PDCA; performance énergétique; l'efficacité énergétique, la consommation d'énergie et de la consommation, les impacts environnementaux.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE FIGURAS | xvii |
| ÍNDICE DE TABELAS | xx |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1. Caracterização Energética Nacional..... | 1 |
| 1.2. Contextualização..... | 4 |
| 1.2.1. Consumo energético nos Edifícios..... | 5 |
| 1.2.2. Motivação..... | 5 |
| 1.2.3. Caso de estudo | 6 |
| 1.3. Objetivos do trabalho | 8 |
| 1.4. Calendarização..... | 8 |
| 2. Sistemas de Gestão de energia | 9 |
| 2.1. Conceitos de Sistemas de gestão de energia..... | 9 |
| 2.2. Objetivos de um Sistema de gestão de energia..... | 10 |
| 2.3. Metodologia “Plan-Do-Check-Act” (PDCA) | 10 |
| 2.4. Organismos certificados | 11 |
| 3. Regulamentação..... | 13 |
| 3.1. Norma <i>NP EN ISO 50001</i> | 13 |
| 3.1.1. Contexto histórico | 13 |
| 3.1.2. Objetivos da Norma <i>NP EN ISO 50001</i> | 14 |
| 3.1.3. Estrutura da norma..... | 15 |
| 3.1.4. Aspetos da Gestão e Aspetos Técnicos | 15 |
| 3.1.5. Integração <i>NP EN ISO 50001</i> | 16 |
| 3.2. Regulamentos | 17 |
| 3.2.1. Regulamento SGCIE | 17 |
| 3.2.2. Regulamento RCCTE | 19 |
| 3.2.3. Regulamento RSECE..... | 20 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.2.4. | Sistema de Certificação Energética | 21 |
| 4. | Conceitos fundamentais..... | 23 |
| 4.1. | Conceitos fundamentais de um Sistema de gestão de energia | 23 |
| 4.1.1. | Desempenho energético | 23 |
| 4.1.2. | Uso significativo de energia..... | 24 |
| 4.1.3. | Requisitos legais aplicáveis..... | 24 |
| 4.1.4. | Consumo de referência energético | 24 |
| 4.1.5. | Indicadores de Desempenho Energético (IDE) | 24 |
| 4.1.6. | Procedimento | 25 |
| 4.1.7. | Objetivos, metas e planos de ação | 25 |
| 4.1.8. | Auditoria interna | 25 |
| 4.2. | Conceitos fundamentais técnicos | 25 |
| 4.2.1. | Sistema de iluminação | 26 |
| 4.2.2. | Onda eletromagnética | 26 |
| 4.2.3. | Luz..... | 26 |
| 4.2.4. | Lâmpada | 27 |
| 4.2.5. | Equipamentos instalação AVAC..... | 27 |
| 4.2.6. | Caldeira | 27 |
| 4.2.7. | Combustão..... | 29 |
| 4.2.8. | Matéria-prima da biomassa..... | 29 |
| 4.2.9. | Pellets | 29 |
| 4.2.10. | Unidade de tratamento de ar e Rooftop | 30 |
| 4.2.11. | Sistema Split | 30 |
| 4.2.12. | Chiller | 30 |
| 4.2.13. | Analisadores de redes | 31 |
| 4.2.14. | Distorções harmónicas | 31 |
| 4.3. | Tecnologia disponível | 33 |
| 4.3.1. | Lâmpadas de halogéneo | 33 |
| 4.3.2. | Lâmpadas fluorescentes tubulares..... | 33 |
| 4.3.3. | Lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs) | 35 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.3.4. | Protocolo DALI | 35 |
| 4.3.5. | Lâmpadas LED (Diodo Emissor de Luz) | 35 |
| 4.3.6. | Tubo solar | 36 |
| 4.3.7. | Aquecimento central | 37 |
| 4.3.8. | Ar Condicionado | 38 |
| 4.3.9. | Analísadores de energia | 39 |
| 4.3.10. | Tipos de analisador de energia e gás de combustão..... | 39 |
| 5. | Proposta de Solução..... | 44 |
| 5.1. | Requisitos legais aplicáveis | 44 |
| 5.2. | Avaliação energética | 47 |
| 5.3. | Programa de melhoria | 49 |
| 5.4. | Formação | 51 |
| 5.5. | Comunicação | 53 |
| 5.6. | Documentação..... | 55 |
| 5.7. | Controlo operacional, medição e monitorização..... | 57 |
| 5.8. | Avaliação de fornecedores | 59 |
| 5.9. | Auditorias internas e não-conformidades | 61 |
| 5.10. | Revisão SGE | 63 |
| 6. | Implementação da Solução Proposta..... | 65 |
| 6.1. | Responsabilidades da gestão de topo | 65 |
| 6.2. | Representante da gestão de topo e equipa de energia..... | 65 |
| 6.2.1. | Delimitar o âmbito e limites do SGE | 65 |
| 6.2.2. | Política energética | 66 |
| 6.3. | Planeamento energético..... | 66 |
| 6.3.1. | Entradas do processo de planeamento energético..... | 66 |
| 6.3.2. | Saídas do processo de planeamento energético | 67 |
| 6.4. | Requisitos legais aplicáveis | 67 |
| 6.5. | Levantamento do tipo de aparelhagem instalada | 71 |
| 6.6. | Avaliação energética..... | 71 |
| 6.6.1. | Avaliação do uso e consumo atual e passado do ISEP..... | 74 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 6.6.2. | Tarifário de Gás natural ISEP | 76 |
| 6.6.3. | Evolução da potência contratada (2014, 2015) | 77 |
| 6.6.4. | Energia reativa (kVAr) e fator de potência | 78 |
| 6.6.5. | Custos totais da energia reativa | 79 |
| 6.6.6. | Gás Natural | 79 |
| 6.6.7. | . Aquecimento central dos edifícios G e H | 80 |
| 6.6.8. | Distribuição das fontes de energia no ISEP | 83 |
| 6.7. | Identificação de áreas com consumo significativo de energia | 85 |
| 6.7.1. | Instalação | 88 |
| 6.7.2. | Sistemas de energia | 88 |
| 6.7.3. | Sistema de AVAC | 90 |
| 6.7.4. | Sistema de iluminação | 90 |
| 6.8. | Identificar, priorizar e registar oportunidades de melhoria | 91 |
| 6.9. | Consumo de referência e indicadores de desempenho energético | 92 |
| 6.10. | Indicadores de Desempenho Energético (IDE) | 93 |
| 6.11. | Identificação de outras variáveis que afetam o uso e o consumo significativo de energia | 96 |
| 6.12. | Desenvolvimento de objetivos, metas e planos de ação | 97 |
| 6.12.1. | Definir e documentar objetivos e metas | 97 |
| 6.12.2. | Formular um plano de ação | 98 |
| 6.12.3. | Plano de ações definidos em termos de iluminação: | 99 |
| 6.12.4. | Objetivos e metas definidos em termos de caldeiras a biomassa: | 100 |
| 6.12.5. | Plano de ações definidos em termos de caldeiras a biomassa: | 101 |
| 6.12.6. | Objetivos e metas definidos em termos SPLITs com a tecnologia DC INVERTER: | 101 |
| 6.12.7. | Plano de ações definidos em termos SPLITs com a tecnologia DC INVERTER: | 102 |
| 6.13. | Determinar os controlos operacionais | 102 |
| 6.14. | Monitorização, medição e análise | 104 |
| 6.14.1. | Usos Significativos de Energia (USE) | 104 |
| 6.14.2. | Indicadores de desempenho energético (IDE) | 104 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 6.14.3. | Eficácia dos planos de ação | 104 |
| 6.14.4. | Consumo de energia real versus esperado | 105 |
| 6.14.5. | Definição e implementação do plano de medição de energia | 105 |
| 6.14.6. | Solução estudada para o sistema de monitorização | 107 |
| 6.14.7. | Equipamentos a instalar | 107 |
| 6.14.8. | Modo de comunicação entre aparelhos e ou computador:..... | 108 |
| 6.14.9. | Requisitos e condições | 110 |
| 6.14.10. | Cabo para rede <i>Ethernet</i> – Chicote RJ45 30m | 111 |
| 6.14.11. | Cabo UTP para rede RS485- (Código AL-2306) | 111 |
| 6.14.12. | Requisitos e condições..... | 111 |
| 6.14.13. | Orçamento | 112 |
| 6.14.14. | Monitorizações, medições e análises efetuadas aos de consumos de energia elétrica..... | 113 |
| 6.14.15. | Monitorização dos Quadros parciais dos edifícios B,G, H, e do departamento GRAQ..... | 123 |
| 6.14.16. | Análise das componentes harmónicas | 126 |
| 6.14.17. | Funcionamento dos queimadores das caldeiras | 129 |
| 6.14.18. | Aplicação..... | 129 |
| 7. | Medidas de Melhoria do Desempenho Energético..... | 130 |
| 7.1. | Medidas propostas em termos de iluminação | 130 |
| 7.1.1. | Solução para as salas do ISEP | 130 |
| 7.1.2. | Estudo da Viabilidade económica..... | 132 |
| 7.1.3. | Opção poupança baseada em detetores de movimento e luminosidade..... | 134 |
| 7.1.4. | Opção poupança baseada na instalação de leds nas salas de aula em questão | 135 |
| 7.1.5. | Viabilidade económica da implementação de leds | 138 |
| 7.1.6. | Opção poupança baseada em detetores de movimento/presença nos corredores dos edifícios..... | 138 |
| 7.1.7. | Orçamento:..... | 140 |
| 7.1.8. | Implementação de balastros eletrónicos | 140 |
| 7.1.9. | Orçamento:..... | 141 |
| 7.1.10. | Implementação combinada tubo solar e sistema Dali | 142 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 7.1.11. | Solução Existente - Descrição e Análise | 142 |
| 7.1.12. | Cenário atual-Estudo Luminotécnico | 143 |
| 7.1.13. | Tipo de luminárias | 143 |
| 7.1.14. | Tubos Solares | 144 |
| 7.1.15. | Materiais Implementados nesta solução | 145 |
| 7.1.16. | Sistema de controlo <i>DALI</i> | 146 |
| 7.1.17. | Estudo da viabilidade económica desta solução | 146 |
| 7.1.18. | Orçamento e retorno do investimento (<i>payback</i>) | 147 |
| 7.1.19. | Poupança Tubo solar:..... | 148 |
| 7.1.20. | Poupança sistema controlo Dali:..... | 148 |
| 7.2. | Estudo da implementação de <i>pellets</i> para o aquecimento central do ISEP. | 149 |
| 7.2.1. | Otimização da queima e elementos de regulação e controlo | 149 |
| 7.2.2. | Caraterização do sistema existente..... | 149 |
| 7.2.3. | Estudo de caso: Caldeiras a seleccionar | 150 |
| 7.2.4. | Quantificação do combustível (<i>pellets</i>) necessário | 150 |
| 7.2.5. | Abastecimento das caldeiras | 152 |
| 7.2.6. | Preço do combustível | 152 |
| 7.2.7. | Consumo mínimo necessário (teórico) das caldeiras para o caso em estudo ... | 153 |
| 7.2.8. | Caldeiras seleccionadas para o projeto | 154 |
| 7.2.9. | Indicadores financeiros de avaliação de projetos | 154 |
| 7.2.10. | Técnicas de previsão do consumo..... | 155 |
| 7.2.11. | Receitas anuais | 156 |
| 7.2.12. | Aquisição de caldeiras Quioto 150 kW | 157 |
| 7.2.13. | Avaliação económica | 158 |
| 7.3. | Filtros Ativos Tipo AHF | 159 |
| 7.3.1. | Determinar o filtro ativo a instalar para o quadro geral do edifício H: | 160 |
| 7.4. | Motores de alto rendimento | 161 |
| 7.4.1. | Variadores Eletrónicos de velocidade | 162 |
| 7.4.2. | Tecnologia dc inverter | 162 |
| 7.4.3. | Utilização de SPLITS mais eficientes e com tecnologia DC INVERTER (GRAQ) ... | 162 |

| | | |
|---------------|--|------------|
| 7.4.4. | Situação atual | 162 |
| 7.4.5. | Dimensionamento | 163 |
| 7.4.6. | Análise económica da implementação de novos equipamentos | 164 |
| 8. | Conclusão | 165 |
| 8.1. | TRABALHOS FUTUROS | 167 |
| 8.2. | Recomendações..... | 167 |
| 9. | REFERÊNCIAS..... | 169 |
| ANEXOS | | 188 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Evolução da dependência energética em Portugal (%)..... | 2 |
| Figura 2 - Evolução do saldo importador de produtos energéticos..... | 2 |
| Figura 3 - Potência instalada das centrais produtoras de energia elétrica em Portugal..... | 3 |
| Figura 4 - Fontes de energias primárias em Portugal (%) em 2013 | 3 |
| Figura 5 - Representação da distribuição dos consumos energéticos (%) a nível setorial no ano de 2013 | 4 |
| Figura 6 - Potenciais poupanças em termos de eficiência energética nos vários setores [6]. | 5 |
| Figura 7 - Âmbito de aplicação do trabalho realizado. | 7 |
| Figura 8 - Ciclo de melhoria contínua de um Sistema de gestão de energia [8]. | 10 |
| Figura 9 - Número organizações certificadas em Portugal (ISO Survey, 2014)..... | 12 |
| Figura 10 - Requisitos da Norma <i>NP EN ISO 50001</i> | 15 |
| Figura 11 - Aspetos técnicos e de gestão num sistema de gestão de energia [12]..... | 16 |
| Figura 12 - Organização e funcionamento do SGCIE [15] | 18 |
| Figura 13 - relação entre a metodologia <i>PDCA</i> Norma <i>ISO 50001</i> com a metodologia <i>PDCA</i> dos Regulamentos Portugueses SGCIE, RGCE e SCE (Gonçalo Ribeiro Ferreira, pág. 42). | 22 |
| Figura 14 - Definição do desempenho energético [11]. | 23 |
| Figura 15 - Espectro eletromagnético [21]. | 26 |
| Figura 16 - Designações fotométricas [22]. | 27 |
| Figura 17 - Conteúdo harmónico da componente fundamental e das componentes de ordem ímpar. | 32 |
| Figura 18 - Relação entre o fator de potência e as perdas associadas. | 32 |
| Figura 19 - Lâmpada de halogéneo [35]. | 33 |
| Figura 20 - Lâmpadas fluorescentes tubulares [35]. | 34 |
| Figura 21 - Lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs)[35]. | 35 |
| Figura 22 - Lâmpadas led [35]. | 36 |
| Figura 23 - Tubo solar. | 36 |
| Figura 24 - Principais tipos de aquecimento central [38]. | 37 |
| Figura 25 - Tipos de aquecimento, fontes de calor e tipos de sistema de aquecimento [38]. | 38 |
| Figura 26 – PowerLogic série PM 800. | 39 |
| Figura 27 – Analisador da rede Camille Bauer. | 40 |
| Figura 28 – Exemplo do analisador de qualidade de energia Fluke 43B..... | 41 |
| Figura 29 - Kit teste 310..... | 43 |
| Figura 30 - Requisitos legais e outros requisitos estão relacionados com o uso e o consumo de energia, e com a eficiência da organização | 46 |
| Figura 31 - Procedimento relacionado com a Avaliação energética do ISEP. | 48 |
| Figura 32 - Procedimento relacionado com o programa de ação de melhoria do desempenho energético do ISEP. | 50 |
| Figura 33 - Procedimento relacionado com a formação, sensibilização e habilitações dos recursos humanos. | 52 |

| | |
|--|-----|
| Figura 34 - Procedimento relacionado com a comunicação do sistema de gestão energético. | 54 |
| Figura 35 - Procedimento relacionado com as etapas associadas à documentação de um sistema de gestão energético. | 56 |
| Figura 36 - Procedimento relacionado com o controlo operacional e a verificação de um sistema de gestão energético. | 58 |
| Figura 37 - Possíveis tipos de avaliações a fornecedores num sistema de gestão energético. | 60 |
| Figura 38 - Procedimento relacionado com o planeamento e prossecução de auditorias internas e não conformidades num sistema de gestão energético. | 62 |
| Figura 39 - Procedimento relacionado com a revisão do sistema de gestão energético..... | 64 |
| Figura 40 - Planeamento Energético | 67 |
| Figura 41 - Diagrama de fluxo dos processos do edifício G | 72 |
| Figura 42 - Diagrama de fluxo dos processos do edifício G | 73 |
| Figura 43 - Consumo de energia eléctrica total ao longo desde de 2012 a 2015 | 77 |
| Figura 44 - Evolução da potência contratada no ISEP ao longo dos anos de 2014 e 2015 | 77 |
| Figura 45 - Locais onde estão instaladas as caldeiras a gás natural no ISEP e edifícios que servem. | 80 |
| Figura 46 - Conjunto caldeira/queimador dos edifícios G e H. | 81 |
| Figura 47 - Consumo de gás natural total ao longo desde de 2012 a 2015 | 82 |
| Figura 48 - Estrutura de consumos das fontes de energia do ISEP | 83 |
| Figura 49 - Custos associados a cada fonte de energia. | 83 |
| Figura 50 - Estrutura de consumos dos sistemas de energia no ano de 2015. | 91 |
| Figura 51 - Linha de base energética para o edifício B. | 94 |
| Figura 52 - Correlação entre o consumo de energia eléctrica e o nº de aulas de 50 minutos no edifício B. . | 94 |
| Figura 53 - Temperatura exterior VS Consumo (m3). | 96 |
| Figura 54 - Analisadores da Janitza UMG 604 | 107 |
| Figura 55 - Comunicação entre os analisadores de energia e o computador central..... | 108 |
| Figura 56 - Composição de um analisador de energia e módulo de expansão adicional. | 109 |
| Figura 57 - Modo de ligação e comunicação (MODBUS) | 110 |
| Figura 58 - Ligação Ethernet. | 111 |
| Figura 59 - Consumo semanal de energia ativa total média edifício B. | 114 |
| Figura 60 - Consumo semanal de energia reativa total média edifício B..... | 115 |
| Figura 61 - Consumo semanal de energia aparente total média edifício B. | 115 |
| Figura 62 - Consumo semanal de energia ativa total média edifício G..... | 116 |
| Figura 63 - Consumo semanal de energia reativa total média edifício G. | 117 |
| Figura 64 - Consumo semanal de energia aparente total média edifício G..... | 117 |
| Figura 65 - Consumo semanal de energia ativa total média no GRAQ. | 118 |
| Figura 66 - Consumo semanal de energia reativa total média no GRAQ..... | 119 |
| Figura 67 - Consumo semanal de energia aparente total média no GRAQ. | 119 |
| Figura 68 - Consumo semanal de energia ativa total média no edifício H..... | 120 |
| Figura 69 - Consumo semanal de energia reativa total média no edifício H. | 121 |
| Figura 70 - Consumo semanal de energia aparente total média no edifício H..... | 121 |
| Figura 71 - Estrutura de consumos de energia eléctrica ISEP (2015). | 122 |
| Figura 72 - Método de medição voltímetro-amperímetro. | 123 |

| | |
|---|-----|
| Figura 73 - Componentes harmónicas e THD de corrente e da tensão Edifício B..... | 127 |
| Figura 74 - Componentes harmónicas e THD de corrente e da tensão Edifício G. | 127 |
| Figura 75 - Componentes harmónicas e THD de corrente e da tensão Edifício H. | 128 |
| Figura 76 - Sistema de iluminação implementado na sala H208. | 131 |
| Figura 77 - Especificação dos equipamentos | 131 |
| Figura 78 - Diagrama unifilar do sistema de iluminação nas salas de aula. | 132 |
| Figura 79 - Características da luminária utilizada sala B311. | 132 |
| Figura 80 - Representação das linhas isográficas. | 133 |
| Figura 81 - Linhas isográficas após a instalação dos led's..... | 136 |
| Figura 82 - Características das luminárias e emissão luminosa. | 142 |
| Figura 83 - Linhas isográficas. | 143 |
| Figura 84 - Níveis de iluminância e ao grau de uniformidade..... | 143 |
| Figura 85 - Tipo de luminárias. | 143 |
| Figura 86 - Fluxo luminoso do tubo solar escolhido. | 144 |
| Figura 87 - Linhas isográficas. | 144 |
| Figura 88 - Níveis de iluminância e ao grau de uniformidade..... | 144 |
| Figura 89 - Iluminância média requerida. | 145 |
| Figura 90 - Difusor d250 mm. | 145 |
| Figura 91 - Tubo solar d 250 mm. | 145 |
| Figura 92 - Controlo por luminária. | 146 |
| Figura 93 - Preço módulo de comando..... | 146 |
| Figura 94 - Ciclone Quioto (Zantia, 2015c). | 149 |
| Figura 95 - Quadro automático PLC (Zantia, 2015f). | 149 |
| Figura 96 - Caldeira a Biomassa Quioto Industrial (Zantia, 2015h). | 150 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Precisão dos diversos equipamentos. | 42 |
| Tabela 2 - Precisão dos diversos equipamentos. | 42 |
| Tabela 3 - Principais regulamentos aplicados ao ISEP. | 70 |
| Tabela 4 - Distâncias e tipo de cablagem associado a cada edifício do ISEP. | 71 |
| Tabela 5 - Fontes de energia e tipo de equipamentos associados ao edifício B. | 73 |
| Tabela 6 - Fontes de energia e tipo de equipamentos associados ao edifício H. | 74 |
| Tabela 7 - Tarifário de energia eléctrica do ISEP. | 75 |
| Tabela 8 - Ciclo semanal opcional para os clientes em MT. | 75 |
| Tabela 9 - Verão - período II e III e Inverno – Período I e IV. | 75 |
| Tabela 10 - Consumos de energia eléctrica do ano de 2015. | 76 |
| Tabela 11 - Escalões de energia reativa. | 78 |
| Tabela 12 - Consumo de energia reativa (kVAr) durante o ano de 2015. | 79 |
| Tabela 13 - Características das caldeiras dos edifícios G e H. | 80 |
| Tabela 14 - Características das caldeiras do edifício B. | 81 |
| Tabela 15 - Caldeiras instaladas no ISEP e correspondentes potências nominais. | 81 |
| Tabela 16 - Contadores de gás natural existentes no ISEP (2015). | 82 |
| Tabela 17 - Consumos totais de em tonelada equivalente de petróleo para o ano de 2015. | 84 |
| Tabela 18 - Critérios utilizados para classificar os equipamentos associados às USE's. | 86 |
| Tabela 19 - Método de cálculo da pontuação total atribuída a cada equipamento. | 86 |
| Tabela 20 - Equipamentos de climatização associados ao edifício B. | 87 |
| Tabela 21 - Equipamentos de climatização associados ao edifício G. | 87 |
| Tabela 22 - Equipamentos de climatização associados ao edifício H. | 88 |
| Tabela 23 - Metodologia utilizada para determinar as instalações com consumo significativo de energia. | 88 |
| Tabela 24 - Metodologia utilizada para determinar os sistemas de energia com consumo significativo de energia. | 88 |
| Tabela 25 - Consumo total real em termos de climatização arrefecimento para o edifício B. | 89 |
| Tabela 26 - Consumo total real em termos de climatização arrefecimento para o edifício G. | 89 |
| Tabela 27 - Consumo total real em termos de climatização para os edifícios B, G e H. | 90 |
| Tabela 28 - Consumo real em termos de sistemas de climatização Consumo total estimado em termos de iluminação para os edifícios B, G e H. | 90 |
| Tabela 29 - Método para a priorização de oportunidades de energia. | 91 |
| Tabela 30 - Pontuação total atribuída a cada oportunidade de melhoria do desempenho energético. | 92 |
| Tabela 31 - Fatores de conversão para tonCO ₂ e associado a cada fonte de energia. | 95 |
| Tabela 32 - Intensidade carbónica (TEP/Ton CO ₂ e) ao longo do ano de 2015. | 95 |
| Tabela 33 - Objetivos e metas definidos em termos de iluminação. | 98 |
| Tabela 34 - Objetivos e metas definidos em termos de caldeiras a biomassa. | 100 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 35 - Objetivos e metas definidos em termos SPLITs com a tecnologia DC INVERTER. | 101 |
| Tabela 36 - FR08 (Formulário do Mapa de controlo dos USE ISEP). | 103 |
| Tabela 37 - Resultados obtidos para o edifício B. | 124 |
| Tabela 38 - Resultados obtidos para o edifício G. | 125 |
| Tabela 39 - Resultados obtidos para o edifício H. | 125 |
| Tabela 40 - Plano de monitorização (Qualidade de energia) [44]. | 128 |
| Tabela 41 - Resultados luminotécnicos | 133 |
| Tabela 42 - Tarifário energético do ISEP. | 133 |
| Tabela 43 - Fatores de reflexão. | 135 |
| Tabela 44 - Tipo de Led a ser implementado. | 136 |
| Tabela 45 - Resultados luminotécnicos | 136 |
| Tabela 46 - Características técnicas deste tipo de Leds. | 137 |
| Tabela 47 - Valores de iluminância média recomendados para tarefas visuais de escritórios (<i>ISO 8995:2002</i>) | 137 |
| Tabela 48 - Valores de iluminância e uniformidade recomendados (<i>ISO 12464:2001</i>) | 137 |
| Tabela 49 - Características das luminárias nos corredores dos referidos edifícios. | 139 |
| Tabela 50 - Consumo real de energia elétrica por parte das luminárias dos corredores dos referidos edifícios. | 139 |
| Tabela 51 - Características das lâmpadas nos edifícios B e H. | 141 |
| Tabela 52 - Balastro eletrónico [31]. | 141 |
| Tabela 53 - Número de horas de utilização das caldeiras e correspondente número de dias de utilização anual. | 153 |
| Tabela 54 - Quantidade de pellets necessária para cada uma das caldeiras (horas) | 153 |
| Tabela 55 - Dados técnicos das caldeiras a implementar no projeto Quioto 150kW | 154 |
| Tabela 56 - Estimativas de consumo de gás natural (€) usando método dos mínimos quadrados para projeção do custo. | 156 |
| Tabela 57 - Plano de investimentos do projeto (caldeiras Quioto 150 kW). | 157 |
| Tabela 58 - Indicadores financeiros para o este projeto (caldeiras Quioto 150 kW. | 159 |
| Tabela 59 - Filtros ativos a instalar. | 161 |
| Tabela 60 - Classes de eficiência energética. | 162 |
| Tabela 61 - Consumo de energia com base nos resultados que estão contemplados com o ciclo normalizado pelo INMETRO de 1 hora por dia por mês. | 163 |

Siglas e Acrónimos

ISO - *International Organization for Standardization*

RSGE – Responsável pelo sistema de gestão de energia

IDE - Indicadores de Desempenho Energético

EMM – Equipamentos de Monitorização e Medição

RGCE - Regulamento de Gestão do Consumo de Energia

SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

PREn - Plano de Racionalização do Consumo de Energia

ARCE - Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia

DGEG - Direcção -Geral de Energia e Geologia

ADENE – Agência para a Energia

TEP - toneladas equivalentes de petróleo

SCE - Sistema de Certificação Energética

EDP - Energias de Portugal

USE - Usos Significativos de Energia

UTA - Unidade de Tratamento de Ar

VEV - Variador Eletrónico de Velocidade

1. Introdução

Num contexto macroeconómico cada vez mais exigente e de redução do consumo de energia, o Estado português definiu uma nova Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020), com o intuito de atingir os objetivos que se propôs em conjunto com os estados membros, através da utilização de energias renováveis e do aumento da eficiência energética: diminuição das emissões dos gases com efeito de estufa [1].

O **PNAEE** (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética) e o **PNAER** (Plano Nacional de Ação para as Energias), aprovados em conselho de ministros, são instrumentos de planeamento energético que visam o cumprimento das metas europeias «20 – 20 – 20» [2].

Neste capítulo serão abordados os seguintes temas: caracterização energética nacional; contextualização; objetivos do trabalho e calendarização.

1.1. Caracterização Energética Nacional

O nosso país caracteriza-se pela forte dependência energética, que se encontra entre os 80 e 90% devido à falta de recursos energéticos fósseis endógenos, nomeadamente o petróleo, gás natural e o carvão, que possuem um peso significativo nos consumos de energia primária por tipo de fonte em Portugal, ou seja no *mix* dos consumos de energia [3].

Segundo os dados da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) de 2014 a taxa de dependência energética tem vindo a decrescer desde 2012, fruto da aposta nas energias renováveis e no aumento da eficiência energética. Essa diminuição da taxa de dependência energética está patente na Figura 1.

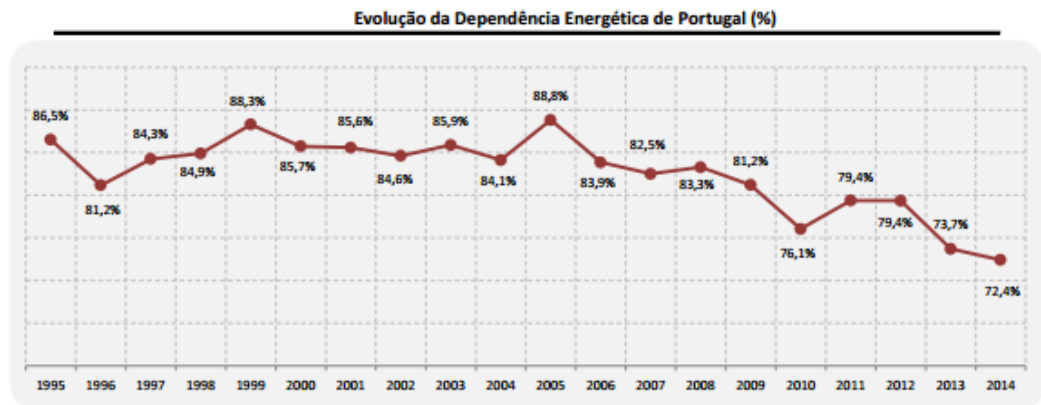


Figura 1 - Evolução da dependência energética em Portugal (%)

Em 2014 a dependência energética situou-se em 72,4%, representando uma redução face aos outros anos. Esta redução deveu-se em grande parte ao aumento da produção de energia Hídrica e Eólica e também ao aumento das exportações de Produtos Petrolíferos [4]. Na Figura 2 apresenta-se a evolução do saldo importador de produtos energéticos.

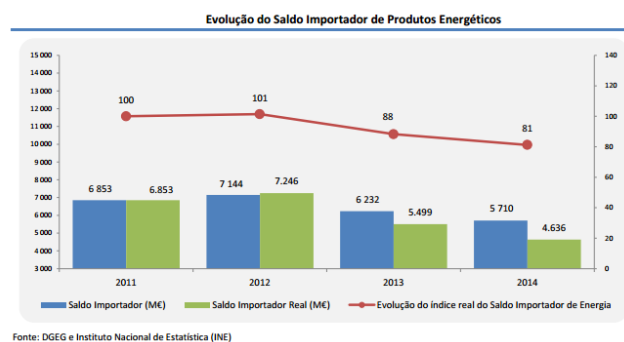


Figura 2 - Evolução do saldo importador de produtos energéticos

Portugal apresenta uma das maiores capacidades instaladas de energia renovável da Europa [4]. Na Figura 3 está representada a evolução da potência instalada em termos de energia renovável desde 2008.

**POTÊNCIA INSTALADA NAS CENTRAIS PRODUTORAS DE ENERGIA ELÉTRICA
PORTUGAL**

Unidade: MW

| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Total | 16.478 | 18.127 | 19.632 | 20.630 | 20.419 | 19.622 | 19.690 |
| * Não Renovável | 8.019 | 9.020 | 9.945 | 10.006 | 9.364 | 8.310 | 8.013 |
| Carvão | 1.871 | 1.871 | 1.871 | 1.871 | 1.871 | 1.871 | 1.871 |
| Gás natural | 2.854 | 3.848 | 4.726 | 4.758 | 4.966 | *4.986 | 5.017 |
| Cogeração | 478 | 668 | 701 | 742 | 950 | *975 | 955 |
| Outros ⁽¹⁾ | 3.293 | 3.300 | 3.347 | 3.377 | 2.527 | *1.453 | 1.124 |
| Cogeração | 659 | 624 | 578 | 593 | 509 | 493 | 391 |
| * Renovável | 8.459 | 9.107 | 9.687 | 10.624 | 11.055 | 11.312 | 11.678 |
| Hídricas | 4.857 | 4.884 | 4.898 | 5.332 | 5.539 | 5.535 | 5.572 |
| Hídrica < 10 MW | 324 | 341 | 354 | 357 | 374 | 370 | 372 |
| Hídrica >= 10 MW | 4.533 | 4.544 | 4.544 | 4.975 | 5.165 | 5.165 | 5.200 |
| Eólicas | 3.058 | 3.564 | 3.914 | 4.378 | 4.531 | 4.731 | 4.953 |
| Fotovoltaicas | 62 | 111 | 134 | 174 | *244 | 299 | 418 |
| Biomassa ⁽²⁾ | 437 | 495 | 678 | 661 | 650 | 651 | 625 |
| Cogeração | 323 | 323 | 476 | 459 | 441 | 441 | 416 |
| Biogás | 16 | 24 | 34 | 50 | 62 | 67 | 80 |
| Cogeração | 3 | 6 | 6 | 7 | 6 | 6 | 7 |
| Geotermia | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |

(1) inclui fuel-óleo, gás refinaria, gasóleo, resíduos industriais e propano

(2) inclui resíduos vegetais/florestais, licores sulfúricos e resíduos sólidos urbanos.

* dado rectificado.

Figura 3 - Potência instalada das centrais produtoras de energia elétrica em Portugal

Nos últimos anos têm-se verificado um aumento no consumo de gás natural que tem contribuído para a diminuição do consumo do petróleo. Quanto ao carvão, constata-se que possui uma potência instalada constante, sendo que este combustível fóssil provoca um grande impacto nas emissões de CO₂ [4]. Na Figura 4 apresentam-se as principais fontes de energia primária em Portugal no ano 2013.

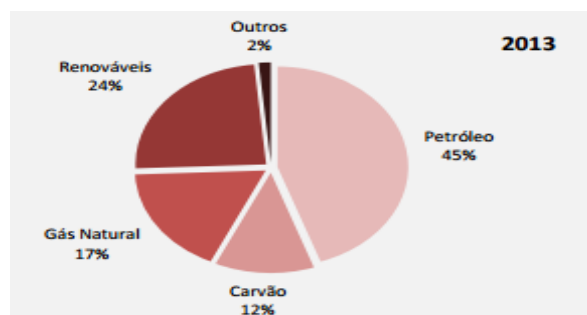


Figura 4 - Fontes de energias primárias em Portugal (%) em 2013

Através da análise da Figura 4, constata-se que o Petróleo continua a ser a principal fonte de energia primária (44%), seguido das Renováveis (25%) e do Gás

Natural (17%). De notar que o peso do Petróleo tem vindo a decrescer nos últimos anos, enquanto o peso das Renováveis (14% em 2004 vs. 25% em 2013) e do Gás Natural (13% em 2004 vs. 17% em 2013) aumentaram consideravelmente.

A nível setorial, o setor dos Transportes (36%) continua a ser o principal consumidor de energia, seguido da Indústria (31%), Doméstico (17%), Serviços (12%) e Agricultura e Pescas (3%) [4].

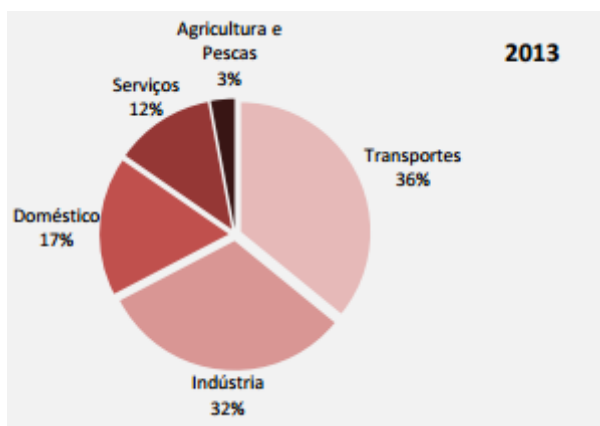


Figura 5 - Representação da distribuição dos consumos energéticos (%) a nível setorial no ano de 2013

O setor doméstico apresenta um peso significativo no consumo energético nacional de cerca de 17%, como se pode constatar na Figura 5 representando o terceiro maior setor de consumo em Portugal, depois dos setores dos transportes e da indústria.

1.2. Contextualização

No panorama europeu o consumo energético dos edifícios (doméstico e serviços) corresponde a aproximadamente 40% dos consumos totais de energia, segundo a Agência para a energia (ADENE), sendo que o aquecimento e refrigeração de edifícios constituem a maior fonte de procura de energia na Europa. Além disso, cerca de 75% dos edifícios existentes, públicos e privados, têm um desempenho energético abaixo dos requisitos da "*Energy Performance in Buildings Directive*" (EPBD) [5].

Uma grande contribuição para o consumo energético deriva dos edifícios públicos, daí que possam ser obtidas melhorias significativas de eficiência energética nesses locais. Os edifícios escolares apresentam grande importância no que se refere a esse tipo de infraestruturas, visto serem locais de utilização regular, uma vez que funcionam normalmente durante toda a semana.

1.2.1. Consumo energético nos Edifícios

Em Portugal, existiam em 2005 cerca de 3,3 milhões de edifícios representando o seu consumo energético cerca de 30% do consumo total de energia primária do país, ou seja o equivalente a 5,8 Mtep (milhões de toneladas equivalente de petróleo). As fontes energéticas correspondentes são muito diversificadas, mas nota-se uma preponderância dos consumos de eletricidade, em que os edifícios representam 62% dos consumos de energia eléctrica nível nacional.

Em termos de eficiência energética, o sector dos edifícios é o que apresenta um maior potencial, de acordo com a *Energy Efficiency Buildings* [6], como se constata na Figura 6.

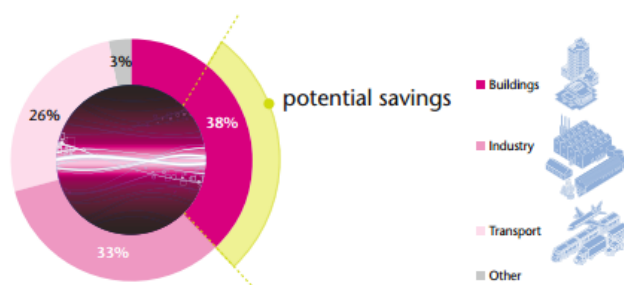


Figura 6 - Potenciais poupanças em termos de eficiência energética nos vários setores [6].

Por estes motivos é necessário, no contexto atual, desenvolver estratégias de forma a melhorar o desempenho energético dos edifícios.

1.2.2. Motivação

Uma vez que passamos a maior parte do nosso tempo em edifícios, o consumo energético nos edifícios depende dos hábitos de consumo dos cidadãos, do grau de utilização e do grau de eficiência energética dos equipamentos existentes. É neste enquadramento que se tem debatido a temática da energia e a sua correspondência com algumas variáveis sociais, de modo a perceber quais os comportamentos no quotidiano das pessoas, constituindo esta relação, um ponto de partida no decrescimento dos consumos energéticos. A partir daí será mais fácil criar um conjunto de medidas de intervenção energética, centralizada para esta temática. “Imaginem a energia que se poupava ao reduzir em apenas 1 % o consumo energético de todos os edifícios à escala mundial?” É fundamental estabelecer um paradigma energético com base na sustentabilidade energética e económica, de modo a solucionar este problema.

Este projeto surgiu do desafio de realizar um trabalho no âmbito da gestão energética do ISEP. Pretende-se, assim, avaliar a possibilidade de criar na organização (ISEP) a base para a aplicação geral da Norma *NP EN ISO 50001*- Sistemas de gestão de energia – requisitos e orientações para a utilização. Neste seguimento pretende-se cumprir todos os requisitos existentes na norma *NP EN ISO 50001*, nomeadamente em termos de documentação exigida por um Sistema de Gestão de Energia (SGE), preconizado pela Norma *NP EN ISO 50001*, onde são abordados e definidos de forma documentada os requisitos pertencentes à norma em questão. Este trabalho foi, assim, motivado pela necessidade da presidência do ISEP encontrar meios e formas de melhorar o desempenho energético do ISEP, com o intuito de reduzir os custos associados aos consumos de energia, e assim, antecipar-se ao contexto de legislação energética cada vez mais exigente em termos de eficiência energética, destacando-se face às outras instituições de ensino. A implementação de um SGE, baseado nos requisitos da norma *NP EN ISO 50001:2012*, poderá ser um meio de alcançar estes propósitos. Dado que este método provou ser vantajoso em várias organizações, como por exemplo a *Schneider Eletric*, certificada pela norma *NP EN ISO 50001*, pretende-se com este trabalho determinar a sua aplicabilidade em instituições de ensino superior. Repare-se que se trata de um trabalho inovador, uma vez que não são conhecidas experiências semelhantes no país.

1.2.3. Caso de estudo

O Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) é um estabelecimento de ensino superior público localizado na Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, sendo uma das instituições mais antigas em termos de engenharia. O ISEP está atualmente integrado no Politécnico do Porto (P.Porto) com autonomia financeira, e ministra cursos de licenciatura, pós-graduação e mestrado nos diferentes ramos de engenharia.

O projeto em questão apenas contempla os edifícios B, G e H pertencentes ao ISEP, dada a extensa área existente no ISEP, sendo que foi também feita uma avaliação energética aos consumos energéticos totais do ISEP. O âmbito de aplicação deste trabalho está patente na planta da Figura 7.

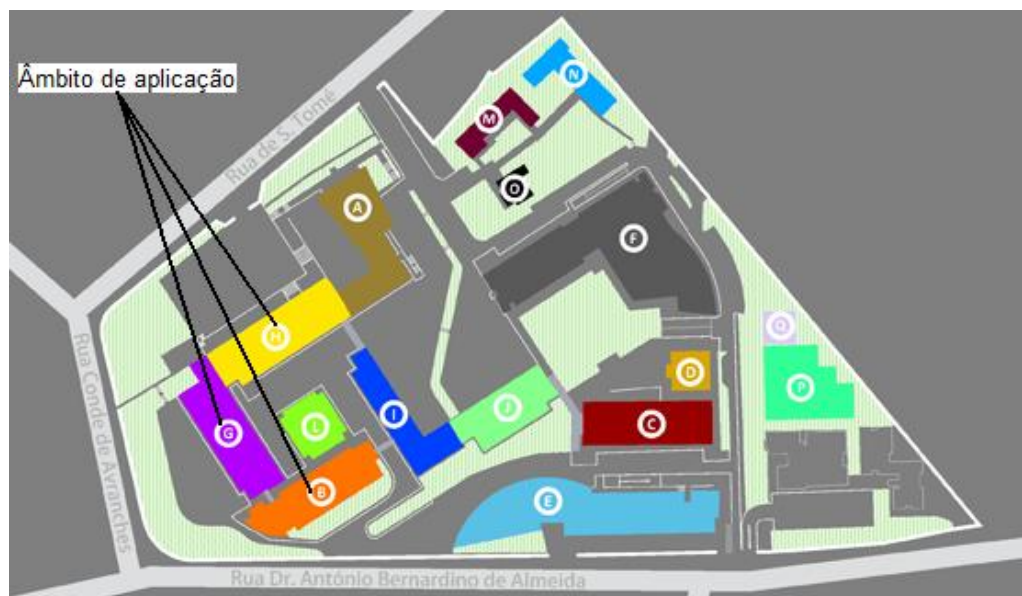


Figura 7 - Âmbito de aplicação do trabalho realizado.

Os edifícios em estudo são essencialmente constituídos por estabelecimentos de ensino superior (laboratórios e salas de aula), gabinetes de docentes, cantinas e centros de investigação científica.

O edifício B é constituído por 4 pisos – rés-do-chão e três andares - com área total de 3985 m². Cada um dos quatro pisos deste edifício é essencialmente composto por salas de aula afetas aos cursos do Departamento de Engenharia Informática (DEI); laboratórios de informática; gabinetes de docentes; e anfiteatros.

O edifício G é constituído por 3 pisos – rés-do-chão e dois andares - com área de 3214 m². O rés-do-chão é composto por três Laboratórios de Investigação, designado Grupo de Reações e Análises Químicas (GRAQ). O 2º piso do Edifício G é constituído por 22 gabinetes de docentes, 1 auditório (G201) e 2 salas de aula (G202 e G203), enquanto o 3º piso está associado às aulas práticas laboratoriais dos alunos do Departamento de Engenharia Química (DEQ), sendo composto, tal como o 1º piso por laboratórios de química.

O edifício H é constituído por 5 pisos – rés-do-chão e quatro andares - com área de 5684 m². A cantina e o *snack-bar* exploradas pelo ITAU localizam-se no rés-do-chão dos edifícios H e G, respetivamente. O 2º piso é onde se concentram as salas de aulas do Departamento de Matemática; além disso existem também dois anfiteatros; uma central técnica de segurança e um posto médico. O 3º piso é composto por salas de aulas de informática afetas aos alunos do DEQ. O 4º piso é essencialmente composto

por gabinetes relativos ao Departamento de Matemática (DMA). Por fim, o 5º piso do edifício H é constituído por gabinetes e 4 laboratórios de física experimental/termodinâmica, consoante o semestre.

1.3. Objetivos do trabalho

Genericamente pretende-se avaliar a aplicabilidade da norma *NP EN ISO 50001* na Organização do ISEP, nomeadamente nos Edifícios B, G e H. Especificamente, pretende-se atingir os seguintes objetivos:

- a) Enquadrar a Norma ISO 50001 no contexto atual da sociedade;
- b) Estudar e compreender o seu conteúdo;
- c) Efetuar o levantamento da situação energética dos edifícios B, G e H;
- d) Analisar os requisitos legais aplicáveis;
- e) Propor indicadores de desempenho energético, objetivos e metas de desempenho energético bem como planos de ação para cumprimento dos mesmos;
- f) Efetuar recomendação para resolução de deficiências e utilização mais eficiente da energia elétrica;
- g) Caracterizar o sistema de monitorização proposto necessário para assegurar a implementação efetiva do Sistema de Gestão de Energia (SGE).

1.4. Calendarização

A motivação deste trabalho, a sua prossecução conduziu à calendarização apresentada no Anexo [K](#). Esta inclui um conjunto de tarefas, como por exemplo: o estudo da norma *NP EN ISO 50001* e da legislação energética em vigor, assim como a recolha e o levantamento dos dados energéticos das infraestruturas do ISEP associadas aos edifícios B, G e H. Além disso foi também efetuado um estudo do mercado relativamente às medidas de eficiência energética mais apropriadas para o caso de estudo.

2. Sistemas de Gestão de energia

O agravamento dos preços nas faturas energéticas tem levado as organizações a alterarem o seu posicionamento em relação à gestão energética da sua empresa. De facto, essa responsabilidade de gestão deixou de ser apenas uma imposição legal, o que se torna fundamental para a competitividade das empresas no que diz respeito a controlar o desempenho energético dos processos, atividades, produtos, serviços da organização, tendo em conta a sustentabilidade energética que assenta em lidar com a energia de forma eficiente no momento atual, sem comprometer as necessidades energéticas das gerações futuras.

2.1. Conceitos de Sistemas de gestão de energia

A gestão de energia contém uma multiplicidade de conceitos, que pode ser definida, Segundo (*Bureau of Energy Efficiency*, 2010), como sendo uma estratégia que permite otimizar o uso e o consumo de energia, com o intuito de promover a eficiência energética.

A eficiência energética, tal como está definida na norma *NP EN ISO 50001*, visa “*otimizar a relação quantitativa entre um desempenho, serviço, bem ou energia e um consumo de energia, ou seja proporciona benefícios rápidos para uma organização, maximizando o uso de fontes de energia e ativos relacionados com energia, reduzindo assim o custo e o consumo de energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético*”. O uso e o consumo de energia estão relacionados com a forma como a energia é utilizada; e com a quantidade de energia consumida, respetivamente.

Um sistema de gestão de energia corresponde a um conjunto de elementos inter-relacionados de forma a: estabelecer e comunicar os seus compromissos de energia e dados de processos; garantir que os planos de ação de eficiência energética estabelecidos, geridos e realizados; atingir os objetivos e metas associadas; promover a cultura de conservação de energia na organização; estabelecer controlos que garantam a conservação de energia; medir e monitorar a utilização significativa de

energia; demonstrar efetivamente a melhoria do desempenho e realizar verificações, através de processos de auditorias [7].

2.2. Objetivos de um Sistema de gestão de energia

Com a implementação de um SGE, de uma forma geral, pretende-se fundamentalmente:

- Promover a melhoria contínua do desempenho energético, da eficiência energética e do uso e consumo de energia;
- Reforçar a sustentabilidade financeira;
- Mitigar os impactes ambientais, que resultam do consumo de energia.

2.3. Metodologia “Plan-Do-Check-Act” (PDCA)

Um SGE tem por base uma metodologia *PDCA*, que corresponde a um ciclo contínuo de planeamento, implementação, verificação, revisão para promover de forma contínua a melhoria do desempenho energético de uma determinada organização.

Na Figura 8 está representado o ciclo de melhoria contínua de um Sistema de gestão que inclui as quatro etapas enumeradas anteriormente.



Figura 8 - Ciclo de melhoria contínua de um Sistema de gestão de energia [8].

- **Planeamento:** inclui requisitos para a avaliação energética, de forma a estabelecer consumo de referência energético, indicadores de desempenho energético (IDEs), objetivos, metas e planos de ação necessários visando

resultados em conformidade com as oportunidades de melhoria de desempenho energético e com a política energética da organização.

- **Implementação:** implementar os planos de ação da gestão da energia.
- **Verificação:** monitorar e medir processos e características principais das suas operações que determinam o desempenho energético em relação à política e objetivos energéticos, divulgando os resultados.
- **Ação:** tomar ações para melhorar continuamente o desempenho energético e o SGE [8].

Tal como outros sistemas de gestão, o sistema de gestão de energia, preconizado pela norma *NP EN ISO 50001*, assenta numa metodologia *PDCA*, o que facilita o processo de integração deste sistema de gestão com qualquer sistema de gestão inserido no formato internacional “*International Organization for Standardization*” (ISO)

2.4. Organismos certificados

De acordo com o (*ISO Survey*, 2014), ocorreu um desenvolvimento de organismos certificados em todo o mundo segundo a norma *ISO 50001:2011*, com um crescimento sustentado na ordem dos 41 %, o que totalizou em termos de números absolutos, 6778 empresas. A Europa apresenta a maior fatia, cerca de 82 % do mercado, impulsionada pela Alemanha que possui 3402 instituições certificadas, o que representa um valor a rondar os 50 % em termos de instituições certificadas a nível mundial.

Na Figura 9 pode-se visualizar a evolução do número de organizações em Portugal que adquiriram os seus respetivos sistemas de gestão energéticos certificados pelas entidades competentes.

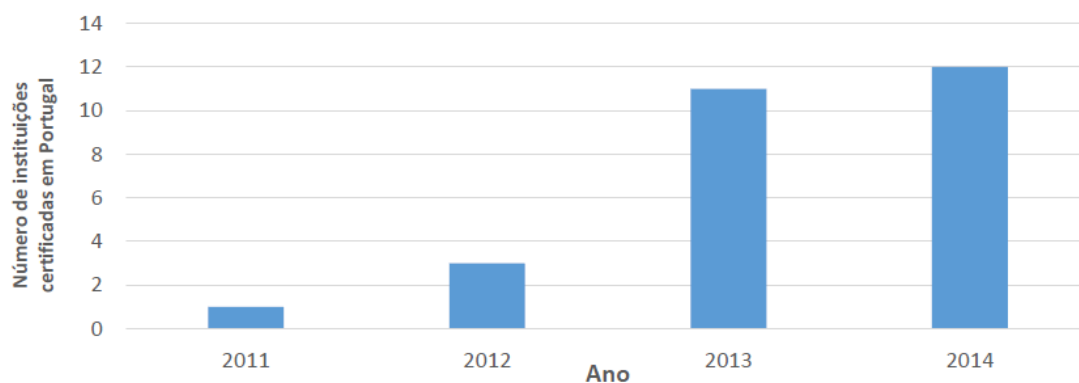


Figura 9 - Número organizações certificadas em Portugal (ISO Survey, 2014)

Em Portugal, os números são pouco significativos, embora tenha havido um aumento substancial em 2013, como se pode constatar na Figura 9, sendo que em Portugal não existe ainda nenhuma instituição de ensino público certificada pela norma *NP EN ISO 50001*.

3. Regulamentação

A elaboração deste trabalho teve em conta a atual legislação em vigor relativa à norma *NP EN ISO 50001*; ao desempenho energético dos edifícios, designadamente, o Sistema de Certificação Energética (SCE) e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (QAI) com a inclusão dos Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e o Regulamento das características do comportamento térmico dos edifícios (RCCTE) e a regulamentação relacionada com o tipo de organização consumidora de energia, ou seja o regulamento relacionado com o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE).

Neste capítulo será feita uma descrição e uma análise à norma *NP EN ISO 50001*, nomeadamente ao seu contexto histórico, aos objetivos em que assenta, ao âmbito de aplicação e à sua estrutura. De seguida é feita uma abordagem à legislação e regulamentação nacionais relacionadas com a energia que são classificadas de acordo com o tipo de organização consumidora e com os tipos de edifícios, onde são definidos quais os objetivos e o âmbito de aplicação de cada regulamento.

3.1. Norma *NP EN ISO 50001*

A norma especifica requisitos para sistemas de gestão (SGE), sobre os quais uma organização pode desenvolver e implementar uma política energética e estabelecer objetivos, metas e planos de ação que tenham em conta as exigências legais e informações relacionadas com o uso significativo de energia (USE).

3.1.1. Contexto histórico

A norma *NP EN ISO 50001* foi desenvolvida em 2011 por uma Comissão de Projeto da *International Organization for Standardization (ISO)* através do *Project Committee (PC) 242*, numa reunião sobre gestão de energia, por parte de alguns países, em 2005. De facto, essa discussão levou, em 2007, a um envolvimento de outras entidades nomeadamente a comunidade internacional, que providenciou um novo referencial de normalização na área da eficiência energética.

Posteriormente, em 2008, foi aprovada, por parte da *ISO*, a proposta dos Estados Unidos (*American National Standards Institute- ANSI*) e Brasil (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT) para conduzir esta tarefa, por meio do Comitê Técnico (CT) 242. Após 4 reuniões que decorreram, no âmbito desta proposta e, com a participação direta de peritos de 44 países e 14 observadores, incluindo a *United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)*, foi publicada em setembro de 2011 a primeira norma da Série 50000, a norma “*ISO 50001 – Energy management systems — Requirements with guidance for use*”, baseada em diversas normas de gestão de energia norte americana e europeia, incluindo a norma europeia EN 16001. Em novembro de 2011 a norma foi ratificada pelo CEN/CENELEC [9,10].

3.1.2. Objetivos da Norma NP EN ISO 50001

A norma *NP EN ISO 50001* constitui instrumento importante do Plano de Ação para um consumo mais eficiente e sustentável, que visa:

- Definir os requisitos de um Sistema de Gestão de Energia;
- Habilitar a organização a estabelecer sistemas e processos para melhoria do desempenho energético, entendido como resultados mensuráveis relacionados à eficiência energética e ao uso e consumo de energia;
- Promover de forma contínua uma melhoria do desempenho energético das organizações através da conceção e implementação de um sistema de gestão energético por parte das organizações;
- Avaliar sistematicamente, objetivamente e periodicamente o desempenho desses mesmos sistemas;
- Promover um uso mais eficiente das fontes de energia disponíveis;
- Reduzir os custos de energia;
- Reduzir as emissões de gases com efeito de estufa [9].

A norma da *NP EN ISO 50001* é um documento de apoio à implementação de um sistema de gestão de energia (SGE) que proporciona à organização um suporte para a melhoria do seu desempenho energético.

3.1.3. Estrutura da norma

A tradução da Norma *NP EN ISO 50001* de 2012, homologada pelo Instituto Português de Qualidade (IPQ) para o acervo normativo, é um documento com uma estrutura idêntica a outros referenciais da *ISO*, como tal encontra-se organizado da seguinte forma:

1. Objetivo e campo de aplicação.
2. Referências normativas.
3. Termos e definições.
4. Requisitos do sistema de gestão da energia.

A Norma *NP EN ISO 50001* apresenta os seguintes requisitos, agrupados de acordo com a metodologia *PLAN-DO-CHECK-ACT (PDCA)* [11], como se verifica na Figura 10.

| | |
|-------------------|---|
| Requisitos gerais | <p>4.1 Requisitos gerais</p> <p>4.2 Responsabilidade da gestão</p> <p>4.2.1 Gestão de topo</p> <p>4.2.2 Representante da gestão</p> <p>4.3 Política energética</p> |
| Planear (P) | <p>4.4 Planeamento energético</p> <p>4.4.1 Generalidades</p> <p>4.4.2 Requisitos legais e outros requisitos</p> <p>4.4.3 Avaliação energética</p> <p>4.4.4 Consumo energético de referência</p> <p>4.4.5 Indicadores de desempenho energético</p> <p>4.4.6 Objetivos energéticos, metas energéticas e planos de ação para a gestão de energia</p> |
| Executar (D) | <p>4.5 Implementação e operação</p> <p>4.5.1 Generalidades</p> <p>4.5.2 Competências, formação e sensibilização</p> <p>4.5.3 Comunicação</p> <p>4.5.4 Documentação</p> <p>4.5.4.1 Requisitos de documentação</p> <p>4.5.4.2 Controlo de documentos</p> <p>4.5.5 Controlo operacional</p> <p>4.5.6 Conceção</p> <p>4.5.7 Aproveitamento de energia, seus serviços, produtos e equipamentos</p> |
| Verificar (C) | <p>4.6 Verificação</p> <p>4.6.1 Monitorização, medição e análise</p> <p>4.6.2 Avaliação da conformidade com exigências legais e outros requisitos</p> <p>4.6.3 Auditoria interna ao Sistema de Gestão de Energia</p> <p>4.6.4 Não-conformidades, correções, ações corretivas e ações preventivas</p> <p>4.6.5 Controlo dos registos</p> |
| Atuar (A) | <p>4.7 Revisão pela gestão</p> <p>4.7.1 Generalidades</p> <p>4.7.2 Entradas para a revisão pela gestão</p> <p>4.7.3 Saídas para a revisão pela gestão</p> |

Figura 10 - Requisitos da Norma *NP EN ISO 50001*

Na Figura 10 estão evidenciados os requisitos gerais associados a cada etapa da metodologia *PDCA*.

3.1.4. Aspetos da Gestão e Aspetos Técnicos

A Figura 11 ilustra a forma como os requisitos do sistema de gestão da norma *NP EN ISO 50001* se associam aos aspetos mais técnico e aos aspetos relacionados com a gestão [12].



Figura 11 - Aspectos técnicos e de gestão num sistema de gestão de energia [12].

A Norma *NP EN ISO 50001* possui requisitos em conformidade com a metodologia *PDCA* nos dois grupos de aspetos, de natureza de gestão e de natureza mais técnica, como se pode constatar na Figura 11.

3.1.5. Integração *NP EN ISO 50001*

O Sistema de Gestão de Energia de acordo com os requisitos da Norma *NP EN ISO 50001* pode ser implementado de forma independente ou ser integrado com outros sistemas de gestão devido à sua compatibilidade com o sistema de gestão, nomeadamente sistema de gestão da qualidade (SGQ) e sistema de gestão ambiental (SGA) [13].

Para uma análise mais detalhada sobre a integração entre a *NP EN ISO 50001*, *NP EN ISO 90001* e *NP EN ISO 14001* apresenta-se no anexo da norma *NP EN ISO 50001a* comparação entre os principais referenciais/requisitos das normas tendo em vista assegurar-se a integração dos sistemas de gestão de uma organização. Deve referir-se que esta integração está facilitada pelo facto destes sistemas de gestão estarem baseados na metodologia *PDCA*. Desta forma é possível proceder-se à integração e consolidação dos vários sistemas de gestão com o sistema de gestão de energia de acordo com a *NP EN ISO 50001*, o que facilita a sua implementação, e potencia ganhos de eficiência na organização, com ganhos em termos de recursos humanos, tempo e recursos financeiros envolvidos.

O facto desta norma internacional possuir um carácter voluntário, pode, desta forma, ser aplicável a qualquer tipo de organização, independentemente das suas condições geográficas, culturais e sociais. Além disso, aplica-se aos diversos tipos de

energia existentes, o que inclui, segundo a norma electricidade, combustíveis, vapor, calor, ar comprimido e outras formas análogas [11].

3.2. Regulamentos

O nosso país dispõem de uma vaga legislação e regulamentação relacionadas com a energia que são classificadas de acordo com o tipo de organização consumidora de energia e que de algum modo dão apoio à execução de um Sistema de Gestão de Energia, entre os quais:

- SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (Decreto-Lei n.º71/2008 de 15 de Abril);
- RGCE – Regulamento da Gestão dos Consumos de Energia (Decreto-Lei n.º58/82 de 26 de Fevereiro, Decreto-Lei n.º428/83 de 9 de Dezembro e Portaria n.º359/82 de 7 de Abril);
- SCE (RECS) – Sistema de Certificação Energética (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços) (Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto) [14].

Nos subcapítulos seguintes é feita uma abordagem mais detalhada a cada um dos regulamentos referidos anteriormente.

3.2.1. Regulamento SGCIE

O SGCIE segundo o DL 71/2008 é um programa para a energia competitiva, previsto no âmbito: do Plano Nacional de ação para a Eficiência Energética (PNAEE), do Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) e na estratégia nacional para a energia. Este regulamento visa promover a eficiência energética; monitorizar as instalações Consumidoras Intensiva de Energia (CIE), em especial no sector industrial; e contribuir para a diminuição do nível de emissões de gases com efeito de estufa e aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia (CIE) que no ano civil anterior tenham tido um consumo de energético superior a 500 tep/ano, no entanto, este pode ser aplicável às instituições que, de forma voluntária celebrem acordos de racionalização dos consumos de energia (ARCE), contemplando objetivos mínimos de eficiência energética.

Este diploma, que resulta da revisão do Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia (RGCE) de 1982, define quais as instalações consideradas Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), alargando o âmbito de aplicação do anterior regulamento a um maior número de empresas e instalações, com vista ao aumento da sua eficiência energética. As instalações CIE abrangidas deverão ser registadas, no portal de internet SGCIE, da Agência para a Energia (ADENE). Segundo a ADENE o “SGCIE prevê que as instalações CIE realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, que se elaborem e executem Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn), estabelecendo acordos de racionalização desses consumos (ARCE) com a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) que, contemplem objetivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento a obtenção de incentivos pelos operadores (entidades que exploram instalações CIE).” Periodicamente, o operador da instalação CIE deverá entregar, através do portal de internet SGCIE, da ADENE, relatórios de execução e progresso (REP), que referem as metas e objetivos alcançados, desvios e medidas de correção.

A periodicidade das auditorias energética assim como os termos contidos nos PREn dependem da quantidade de energia consumida anualmente nas instalações CIE. A Figura 12 que contém o modo de organização e funcionamento do SGCIE [15].

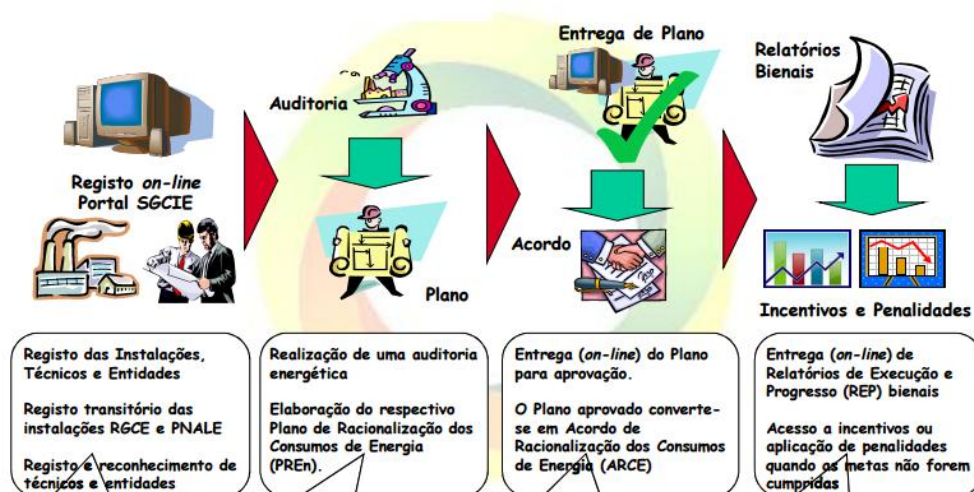


Figura 12 - Organização e funcionamento do SGCIE [15]

Para proceder ao cálculo do consumo energético anual em tep de uma determinada instalação consumidora de energia é necessário recorrer ao Despacho n.º

17313/2008 que “*procede à publicação dos fatores de conversão para tonelada equivalente petróleo (tep) de teores em energia de combustíveis selecionados para utilização final, bem como dos respetivos fatores para cálculo da Intensidade Carbónica pela emissão de gases com efeito de estufa, referidos a quilograma de CO₂ equivalente (kgCO₂e) ”.*

3.2.2. Regulamento RCCTE

O Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), tinha como objetivo salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico (aquecimento; arrefecimento e ventilação) de forma a mitigar situações patológicas nos elementos de construção, que prejudicam a durabilidade dos elementos de construção e a qualidade do ar interior (QAI), assim como na produção de água quente sanitária (AQS). Este regulamento abrangia “*cada uma das frações autónomas de todos os novos edifícios de habitação e de todos os novos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados; aplicava-se também a grandes intervenções de remodelação ou de alteração na envolvente ou nas instalações de preparação de águas quentes sanitárias dos edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados já existentes independentemente de serem ou não, nos termos de legislação específica, sujeitos a licenciamento ou autorização no território nacional*”, com as devidas exclusões.

Com este regulamento pretendia-se satisfazer as necessidades previstas sem dispêndio excessivo de energia, procedendo-se assim, de acordo com a zona climática, Verão ou Inverno, à caracterização do comportamento térmico dos edifícios, refletida através da quantificação de um certo número de índices térmicos: necessidade nominal anual de energia útil para aquecimento (N_{ic}), necessidade nominal anual de energia útil para arrefecimento (N_{vc}), necessidade nominal anual de energia para produção de AQS (N_{ac}) e também a necessidade global de energia primária (N_{tc}) e de parâmetros complementares (coeficientes de transmissão térmica, fator solar dos vãos envidraçados, classe de inércia térmica do edifício ou da fração autónoma e taxa de renovação de ar). Além disso foi definida, para os edifícios abrangidos pelo RCCTE, a imposição da instalação de painéis solares para a produção de AQS sempre que haja

exposição solar adequada, na base de 1 m² de coletor por ocupante, podendo o valor ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura total disponível, promovendo desta forma a utilização de fontes renováveis de energia [16].

3.2.3. Regulamento RSECE

O Decreto-Lei 79/2006, de 4 de Abril, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), tinha como principais objetivos assegurar a eficiência energética dos edifícios de serviços impondo limites máximos ao consumo de energia em todo o edifício. Esta eficiência energética é assegurada fundamentalmente através da introdução de limites de potência de climatização tentando assim evitar sobredimensionamentos que estavam a começar a ser prática comum. Além disso visa também a definição de condições de conforto térmico e higiene nos diferentes espaços consoante as respetivas funções e pretende, de igual modo, a imposição de regras de eficiência aos sistemas de climatização, garantindo a monitorização destes, para melhorar o seu desempenho energético e garantir meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior.

De acordo com o artigo n.º 2 do capítulo 1, este aplicava-se [2]:

- *“Edifícios ou frações autónomas não residenciais existentes com área útil de pavimento superior a 1000 m², ou ainda com área superior a 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas com plano de água superior a 200 m², de acordo com o artigo 27.º capítulo 9.*
- *Licenciamento de novos edifícios ou frações autónomas não residenciais com potência instalada superior a 25 kW, de acordo com o artigo 27.º capítulo 9.*
- *Licenciamento de novos edifícios ou frações autónomas residenciais com potência instalada superior a 25 kW,*
- *Novos sistemas de climatização em edifícios ou frações autónomas existentes com potência instalada superior a 25 kW*
- *Grandes reabilitações de edifícios de serviços quando a estimativa de custo for superior a 25% do valor do edifício envolvente, instalações mecânicas ou outros sistemas energéticos, sendo o valor do edifício envolvente calculado tendo em conta um preço de área útil de pavimento de 630€”.*

Edifícios cujo licenciamento ou autorização de edificação tenha dado entrada na entidade licenciadora até dia 4 de Julho de 2006 são considerados edifícios existentes para verificação do RSECE, segundo o artigo 5 do respetivo regulamento. A necessidade térmica máxima imposta pelo RCCTE, o RSECE obriga a existir valores mínimos de renovação do ar e estabelece limites para a concentração de algumas substâncias poluentes [17].

3.2.4. Sistema de Certificação Energética

O decreto-lei118/2013 assegura não só a transposição para o ordenamento jurídico nacional da diretiva n.º 2010/31/UE, do parlamento Europeu e do conselho, de 19 de maio de 2010 sobre o desempenho energético de edifícios, como também assegura a revisão da legislação nacional, consubstanciada em melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação ao integrar num único diploma (Decreto-Lei 118/2013) o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Com a publicação *da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, foi reformulado o regime estabelecido pela Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, através da introdução de novas disposições que visam o reforço do quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios, à luz das metas e dos desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020.*

O Decreto-Lei 118/2013 pretende assim certificar o desempenho energético e qualidade do ar interior nos edifícios, identificar medidas de correção ou melhoria no que diz respeito ao desempenho energético à qualidade do ar interior nos edifícios e assegurar a aplicação regulamentar no que diz respeito às condições de eficiência energética, utilização de sistemas de energia e, ainda, garantia de qualidade do ar interior de acordo com o RCCTE e o RSECE [18].

De acordo com o artigo n.º 3 do capítulo 1, este aplica-se [1]:

- Novos edifícios, bem como a existentes que tenham sido sujeitos a grandes intervenções de reabilitação;
- Edifícios de serviços existentes sujeitos periodicamente a auditorias;

- Edifícios existentes quer para habitação, quer para serviços, aquando da celebração de contratos de venda ou arrendamento.

A Figura 13 apresenta a relação entre a metodologia *PDCA* Norma *ISO 50001* com a metodologia *PDCA* dos Regulamentos Portugueses SGCIE, RGCE e SCE (RECS).

| ISO 50001 | SGCIE | RGCE | SCE (RECS) |
|--|---|--|--|
| PLANEAR (PLAN) | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação energética (4.4.3) • Consumo energético de referência (4.4.4) • Indicadores de desempenho energético (4.4.5) | <ul style="list-style-type: none"> • Auditoria energética (art.º6º) • Intensidade energética e carbónica, Consumo específico de energia (art.º7º) | <ul style="list-style-type: none"> • Auditoria energética (art.º11º) • Consumos específicos (art.º14º) | <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação Energética (art.º35º) |
| EXECUTAR (DO) | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Plano de acção para a gestão de energia (4.4.6) | <ul style="list-style-type: none"> • Plano de racionalização (art.º7º) | <ul style="list-style-type: none"> • Plano de racionalização (art.º15º) | <ul style="list-style-type: none"> • Plano de racionalização (art.º35º) |
| VERIFICAR (CHECK) | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Monitorização e medição (4.6.1) | <ul style="list-style-type: none"> • Relatório de progresso (art.º9º) | <ul style="list-style-type: none"> • Medição periódica e relatório de progresso (art.º17º) | <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de contagem de energia (Portaria n.º 349-A/2013) • Avaliação energética periódica (art.º39º) |
| ACTUAR (ACT) | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Revisão pela gestão (4.7) • Saída da revisão (4.7.3) | <ul style="list-style-type: none"> • Relatório final (art.º9º) | <ul style="list-style-type: none"> • Relatório anual e novo Plano de utilização racional de energia (art.º18º) | <ul style="list-style-type: none"> • Relatório de Avaliação Energética (art.º39º) |

Figura 13 - relação entre a metodologia *PDCA* Norma *ISO 50001* com a metodologia *PDCA* dos Regulamentos Portugueses SGCIE, RGCE e SCE (Gonçalo Ribeiro Ferreira, pág. 42).

Como se pode constatar existe uma relação entre os diversos regulamentos e a norma NP EN ISO 50001, ao longo de cada etapa associada à metodologia *PDCA*.

4. Conceitos fundamentais

Este capítulo reúne os principais conceitos fundamentais referentes ao trabalho desenvolvido. Neste seguimento foram formalizados dois tipos de conceitos fundamentais. Os conceitos fundamentais de um Sistema de gestão de energia preconizado pela norma *NP EN ISO 50001* e os conceitos fundamentais técnicos.

4.1. Conceitos fundamentais de um Sistema de gestão de energia

Os conceitos fundamentais de um Sistema de gestão de energia preconizado pela norma *NP EN ISO 50001* estão relacionados com os conceitos inerentes aos requisitos da mesma.

4.1.1. Desempenho energético

O desempenho energético é uma medida conjunta de vários resultados mensuráveis relacionados com o consumo de energia e eficiência energética, como se pode constatar na Figura 14 [11].



Figura 14 - Definição do desempenho energético [11].

4.1.2. Uso significativo de energia

Segundo a norma o uso significativo de energia está associado a uma instalação, equipamento, sistema de energia responsável por uma parte relevante do consumo de energia e/ou que apresenta um potencial substancial em termos de melhoria efetiva do desempenho energético [11].

4.1.3. Requisitos legais aplicáveis

Os requisitos legais e outros requisitos estão relacionados com o uso e o consumo de energia, e com a eficiência das organizações, que devem determinar como esses requisitos podem afetar o seu desempenho energético. Além disso, deve-se assegurar que estas exigências legais, e outros requisitos que a organização subscreve, sejam considerados na implementação do seu SGE. Uma organização para poder ser certificada segundo a norma *NP EN ISO 50001* tem que cumprir os requisitos legais que lhe são aplicáveis. [11]

4.1.4. Consumo de referência energético

O consumo energético de referência é o valor que é utilizado como base de comparação para a determinação do desempenho energético. Este consumo de referência é estabelecido utilizando dados organizacionais e energéticos a partir da avaliação de energia inicial [11]

4.1.5. Indicadores de Desempenho Energético (IDE)

Os indicadores do desempenho energético (IDE's) são os parâmetros de medida que são aceites pelos gestores como uma representação exata do desempenho energético medido, refletindo as medidas quantitativas desse desempenho energético. Consistem essencialmente em medidas quantitativas do desempenho energético que podem ser utilizados para quantificar as melhorias no consumo de energia, consumo e eficiência, ao nível da organização, instalações, sistema ou equipamento [19].

4.1.6. Procedimento

Um procedimento é definido como um modo ou uma forma especificada de realizar uma determinada atividade ou processo [11].

4.1.7. Objetivos, metas e planos de ação

Os objetivos energéticos são resultados ou realizações que uma organização estabelece para cumprir o seu compromisso com a política energética no que diz respeito à melhoria do seu desempenho energético. Os objetivos energéticos são desenvolvidos com base no compromisso com a política energética da organização, tendo em conta os objetivos organizacionais, as estratégias e as oportunidades identificadas, de forma a fomentar a melhoria contínua em termos de desempenho energético da organização.

A definição das metas energéticas envolve a seleção das métricas específicas e necessárias do desempenho energético da organização que necessitam ser atendidas, a fim de atingir um determinado objetivo energético.

Os planos de ação de gestão de energia definem as atividades, recursos e responsabilidades necessários para atingir os objetivos e metas da organização [20].

4.1.8. Auditoria interna

Uma auditoria interna corresponde a um processo de planeamento sistemático, independente e documentado de forma a adquirir uma avaliação objetiva para determinar em que medida os requisitos estão a ser cumpridos [11].

4.2. Conceitos fundamentais técnicos

Os conceitos fundamentais técnicos estão associados, propriamente, à definição dos conceitos e termos inerentes às soluções técnicas e/ou tecnologias existentes no mercado, que foram tidas em conta para o desenvolvimento deste trabalho, no âmbito da melhoria do desempenho energético. Os conceitos técnicos fundamentais que foram tidos em conta estão associados ao sistema de iluminação, aquecimento central, climatização e motores de alto rendimento.

4.2.1. Sistema de iluminação

Tendo em conta o desenvolvimento de novas tecnologias associadas aos sistemas de iluminação artificial e natural, desde tubos de descarga até aos LEDs, deixando em aberto um futuro com novas evoluções, importa de forma prévia definir alguns conceitos associados a esta vertente.

4.2.2. Onda eletromagnética

Uma onda eletromagnética consiste na difusão de uma radiação sob um padrão base de sinal sinusoidal que pode acontecer no vazio, ou seja, não necessita de um meio material para se propagar. Como exemplo, existe a radiação solar que atravessa milhares de quilómetros até chegar à terra e no seu trajeto não possui meios físicos de propagação [21].

4.2.3. Luz

De forma simplificada, a Luz pode ser definida por uma onda eletromagnética, cujo comprimento de onda se encontra dentro do intervalo espectral a que o olho humano é sensível. Na Figura 15 está ilustrada a representação do espectro eletromagnético [21].

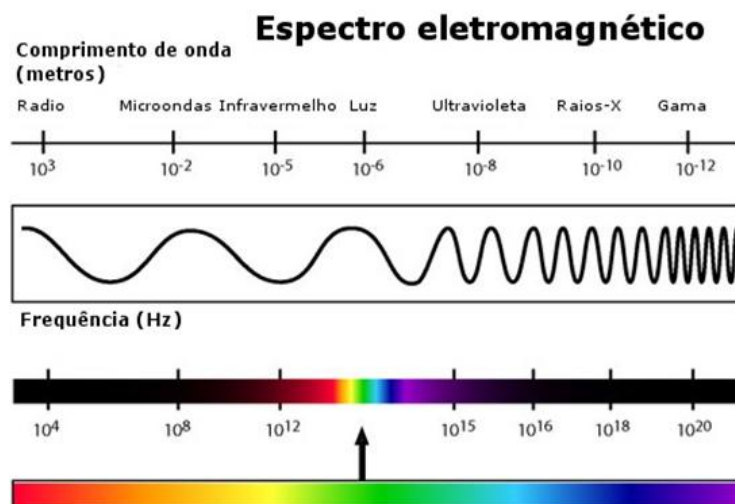


Figura 15 - Espectro eletromagnético [21].

A Radiometria lida com as grandezas físicas da energia eletromagnética radiante de qualquer comprimento de onda enquanto a fotometria se refere à descrição das leis de transferência de radiação para a região do visível e tem em conta a sensação que tal radiação produz num olho humano padrão, ou seja a resposta do

sistema visual humano. Na Figura 16 estão presentes a definição de vários conceitos associados a este tema.


| Designação Fotométrica | Ilustração | Equivalente Radiométrico | Unid. | Definição |
|--------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|
| Fluxo Luminoso (Φ) |  | Fluxo Radiante (Watt) | Lumen (lm) | Quantidade de radiação produzida por segundo por uma fonte luminosa |
| Intensidade Luminosa (Candela) |  | Intensidade Radiante (Watt/sr) sr – ângulo sólido | Candela (cd) | Concentração de luz emitida por uma fonte de luz numa direção específica, irradiada por segundo |
| Iluminância |  | Irradiância $\frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$ | Lux (lx) | Fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte |
| Luminância |  | Radiância $\frac{\text{Watt}}{\text{sr} \cdot \text{m}^2}$ | Cd/m^2 Cd/cm^2 | Fluxo luminoso produzido ou refletido por uma unidade de área de uma superfície numa direção específica |

Figura 16 - Designações fotométricas [22].

4.2.4. Lâmpada

Uma lâmpada é um dispositivo que atua como suporte de uma ou mais luzes artificiais e que serve para iluminar. Pode tratar-se de um objeto pendurado ou sustentado sobre uma base ou um pé, objeto, esse de vidro, geralmente com forma de bolbo ou de cilindro alongado, no qual é produzida luz artificial por combustão ou eletricamente por incandescência de um filamento, por descarga num gás rarefeito ou por fluorescência [23].

4.2.5. Equipamentos instalação AVAC

Neste subcapítulo estão presentes os conceitos referentes aos equipamentos que normalmente fazem parte de um sistema AVAC.

4.2.6. Caldeira

Uma caldeira corresponde a um depósito agregado a um queimador, onde é fornecido combustível capaz de alimentar a caldeira, com o objetivo de produzir vapor através do aquecimento da água. Esta prosseguirá para todos os focos de aquecimento

da instalação que estejam dimensionados na rede interna. Assim, as caldeiras transferem calor para o sistema de aquecimento central, juntando frequentemente a essa tarefa o fornecimento da água quente sanitária [24]. Existem, essencialmente dois tipos de caldeiras a destacar: caldeira flamotubular e aquatubulares. Enquanto nas caldeiras do tipo flamotubular, os produtos de combustão circulam pelo interior dos tubos, que ficam imersos na água a ser vaporizada; nas caldeiras do tipo aquatubulares, a água a ser vaporizada circula pelos tubos, e os produtos de combustão pelo exterior deles. Os tipos de combustíveis utilizados pelas caldeiras correspondem aos combustíveis líquidos, gasosos e sólidos. Os principais combustíveis líquidos utilizados nas caldeiras são os seguintes:

- •Óleo combustível: Obtido a partir da mistura de um derivado de petróleo pesado, resíduo de vácuo ou resíduo asfáltico, com derivados mais leves, adicionados com a finalidade de especificar a viscosidade.
- •Óleo diesel: Utilizado em algumas caldeiras domiciliárias e nos queimadores que trabalham em sistema automático aquecendo produtos que exigem um combustível com baixo teor de enxofre.

As caldeiras projetadas para a queima de gás são em geral muito mais simples que as utilizadas para os demais combustíveis, pois gás não necessita de nenhum aquecimento prévio, nem de grandes reservatórios, além disso apresenta um alto rendimento contendo poucas impurezas [25].

Em termos de combustíveis sólidos para as caldeiras poderá ser utilizado a biomassa. Esta pode ser convertida em diferentes formas de energia, através de processos termoquímicos. O processo termoquímico de combustão queima direta da biomassa (combustível) na presença de oxigénio (comburente) em proporções pelo menos iguais à estequiométrica para converter a energia química em energia térmica (e mecânica), resultando essencialmente uma corrente gasosa não combustível, constituída pelos produtos de oxidação CO_2 , H_2O e outros óxidos, e um resíduo sólido (as cinzas).

Os materiais da biomassa, como resíduos agrícolas e florestais, são muitas vezes de difícil utilização direta nos processos de conversão termoquímica em diferentes produtos energéticos. Esta dificuldade deve-se à natureza não homogênea e volumosa destes materiais. Sendo assim, estes materiais devem passar por algum tipo

de pré-tratamento antes da aplicação de qualquer processo termoquímico(Clark et al., 2008).

4.2.7. Combustão

A combustão da biomassa é uma alternativa para a conversão de energia química contida na biomassa, em calor e eletricidade. A combustão produz gases quentes com temperaturas de cerca de 800-1000°C, ou mesmo superiores. O calor produzido deve ser utilizado imediatamente para aquecimento e/ou geração de energia elétrica, visto que o seu armazenamento não é uma opção viável (Clark et al., 2008). A eficiência da combustão de biomassa para produção elétrica varia entre 15-40%, enquanto a sua eficiência para produção de calor é superior a 80%. (Rosillo-Calle, 2008).

4.2.8. Matéria-prima da biomassa

A biomassa usada para a peletização (produção de *pellets*) é composta principalmente por culturas lenhosas (ricas em celulose, hemiceluloses, lenhina e alguns extrativos), tais como árvores de crescimento rápido (eucaliptos), cana-de-açúcar, gramíneas, resíduos florestais (estilhas de madeira) e resíduos agrícolas (palha/feno). Todos os tipos de biomassa lenhosa são matérias-primas adequadas para a produção de *pellets*. No entanto, para manter baixos os custos de moagem, é normalmente usado o pó das serragens (serrim), aparas de madeira ou outros resíduos florestais [26].

4.2.9. Pellets

Os *pellet* são constituídos por uma pequena porção de bioenergia proveniente de fontes biológicas, contida em biomassa sem qualquer aglutinante químico. De facto, os *pellets* são conhecidos por possuírem uma forma cilíndrica de partículas densificadas de madeira, com 6-8 mm de diâmetro e com comprimento variável, entre 15-25 mm. O valor energético de 1 tonelada de *pellets* é de aproximadamente de 5 MWh, o que corresponde a 0,5 m³ de petróleo [26, 27, 28]. Os *pellets* apresentam algumas vantagens em relação aos combustíveis fósseis, tais como:

- Energia de origem renovável (biomassa), como tal liberta menos gases tóxicos;

- Facilidade e flexibilidade em termos de manuseamento e de transporte;
- Requer de pouco espaço para armazenamento (inferior à lenha);
- Não requer desmatamento para a sua produção, apenas o reaproveitamento das sobras de madeira, de gramíneas, resíduos florestais e de atividades agrícolas;
- O seu preço não é (ainda) influenciado pelos mercados mundiais.

Em contrapartida apresentam um Poder Calorífico Inferior (PCI) inferior face aos combustíveis fósseis e a queima dos *pellets* origina uma grande quantidade de cinzas, ao contrário dos combustíveis convencionais [29].

4.2.10. Unidade de tratamento de ar e Rooftop

Uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA) é um equipamento utilizado com vista ao tratamento do ar no interior da instalação, e que inclui filtragem, aquecimento, arrefecimento, humedificação ou desumidificação, para posterior distribuição pelas condutas de ventilação, como parte de um sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC). As unidades de tratamento de ar que incluem o seu próprio dispositivo autónomo de aquecimento ou arrefecimento do ar e concebidas para serem colocadas na cobertura de um edifício são frequentemente conhecidas como *Roof top units* (RTU) [30].

4.2.11. Sistema Split

O sistema *split* é um sistema de refrigeração usado em equipamentos condicionadores de ar, que são similares aos equipamentos do tipo janela, sendo divididos em dois módulos, denominados unidade interna (evaporadora) e unidade externa (condensadora). Existem vários tipos de *split*, sendo o mais comum o Hi-Wall. Além desse modelo temos o *split* piso teto, cassete, *window split*, quatro lados, canto-teto e ainda o *multisplit* [31].

4.2.12. Chiller

O chiller é o equipamento responsável pelo arrefecimento da água e a água gelada obtida pode ser utilizada para arrefecimento da temperatura ambiente ou de

equipamentos. Dispõe de um longo período de vida útil, boas condições em relação ao custo e consequente retorno, bem assim como alta eficiência

Um *chiller* é uma máquina que retira calor a partir de um líquido através de um ciclo de compressão de vapor ou de refrigeração por absorção. Este líquido pode então ser distribuído por meio de um permutador de calor para arrefecer equipamentos.

4.2.13. Analisadores de redes

A rede elétrica inclui frequentemente instrumentos baseados em microprocessadores capazes de medir o consumo de energia e os parâmetros elétricos importantes, que podem depois ser lidos localmente e/ou remotamente. Tais instrumentos são conhecidos como analisadores de energia. A sua característica principal é sua capacidade de identificar alguns dos parâmetros associados à energia elétrica, ou seja, medir a qualidade do abastecimento e também eventuais falhas que possam colocar em risco o fornecimento no local. Estes dispositivos também permitem captar os eventos associados à tensão e gerar relatórios precisos sobre a situação, bem assim como registar e armazenar dados por longos períodos [32].

4.2.14. Distorções harmónicas

A presença de componentes harmónicas é sinónimo de uma onda de tensão ou de corrente deformada. A deformação da onda de tensão ou de corrente significa que a distribuição de energia elétrica é perturbada e que a qualidade de energia não é ótima.

O Teorema de Fourier indica que toda função periódica não sinusoidal pode ser representada sob a forma de uma soma de expressões (série) que é composta por uma expressão sinusoidal em frequência fundamental, de expressões sinusoidal cujas frequências são múltiplos inteiros da fundamental (harmónicas) e de uma eventual componente contínua, como se pode verificar na [33], representado na Figura 17.

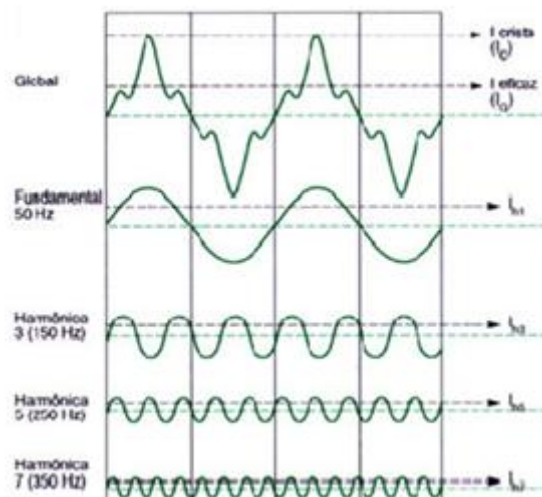


Figura 17 - Conteúdo harmónico da componente fundamental e das componentes de ordem ímpar [33].

As componentes harmónicas de corrente surgem devido à presença de cargas não-lineares na rede de distribuição. Essas cargas não possuem uma relação linear entre tensão e a corrente como acontece com as cargas resistivas, capacitivas e indutivas. As componentes harmónicas podem ser geradas por equipamentos eléctricos e electrónicos que possuem componentes não-lineares tais como díodos, transístores. As cargas não-lineares são percorridas por uma corrente diferente da forma de onda da tensão que a alimenta, adicionando uma perturbação à forma de onda da corrente [34]. A Figura 18 apresenta a relação entre o fator de potência e as perdas associadas.

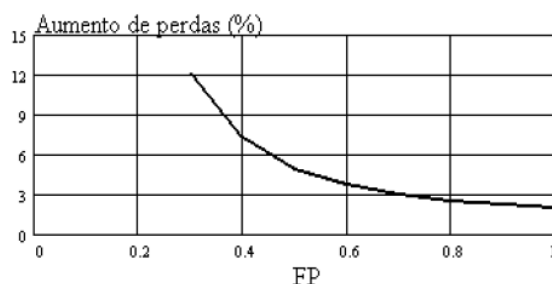


Figura 18 - Relação entre o fator de potência e as perdas associadas [35].

Um dos métodos para quantificar as distorções na forma das ondas é o fator de potência que corresponde ao quociente entre a potência ativa e a potência aparente, sendo que quanto menor for este fator maiores serão as perdas.

4.3. Tecnologia disponível

Neste capítulo será feita uma breve abordagem relacionada com os equipamentos e tecnologias existentes no mercado e que de alguma forma estão associadas e influenciam o desempenho energético, em termos de eficiência energética de uma determinada infraestrutura.

4.3.1. Lâmpadas de halogéneo

As lâmpadas de halogéneo possuem um filamento que emite luz com a passagem da corrente eléctrica. Parte do filamento, que é constituído por átomos de tungsténio, evapora-se durante o processo devido à existência de gases inertes e halogéneo (iodo, cloro, bromo) que capturam os átomos de tungsténio e os transportam de volta para o filamento. Caracterizam-se por uma maior duração e pela qualidade especial da sua luz. A Figura 19 apresenta um exemplo deste tipo de lâmpadas.



Figura 19 - Lâmpada de halogéneo [36].

As lâmpadas de halogéneo do tipo eletrónico diminuem as perdas de energia, quando comparados com os tradicionais, e o consumo final de eletricidade (lâmpada mais transformador) pode ser até 30% inferior ao das lâmpadas convencionais.

4.3.2. Lâmpadas fluorescentes tubulares

Baseiam-se na emissão luminosa que alguns gases como o flúor emitem quando submetidos a uma corrente eléctrica. A eficácia luminosa é assim muito maior do que no caso das lâmpadas incandescentes, pois neste processo produz-se menos calor e a eletricidade destina-se, em maior proporção, à obtenção da própria luz.

Estas lâmpadas são muito utilizadas pois proporcionam uma boa iluminação com pouca potência e baixo consumo energético, sendo as mais adequadas para locais com necessidades de iluminação por longos períodos de tempo. São mais caras do que as lâmpadas incandescentes, mas consomem até menos 80% de eletricidade do que

estas para a mesma emissão luminosa e têm uma duração entre 8 a 10 vezes superior, representado na Figura 20 [36].



Figura 20 - Lâmpadas fluorescentes tubulares [36].

No âmbito desta tecnologia, destaca-se a evolução, desde as primeiras lâmpadas fluorescentes do Tipo T12, até às atuais T8 e T5, sendo as T5 a última tecnologia e as mais eficientes.

Nos tópicos seguintes é feita uma breve descrição de cada tipo de lâmpadas fluorescentes:

- Tipo T12 – Tinham um tubo de descarga de 38 mm de diâmetro e utilizavam um pó fluorescente comum, o seu balastro era eletromagnético com grandes perdas de energia;
- Tipo T8 – O tubo de descarga tem 26 mm de diâmetro, são tri-fosfóricas e tem apenas 3 mg de mercúrio, tanto podem utilizar balastros eletromagnéticos como eletrónicos, apesar de os balastros eletromagnéticos também já terem evoluído e serem mais eficientes, não conseguem ter a eficiência dos balastros eletrónicos;
- Tipo T5 - Têm um tubo de descarga com 16 mm de diâmetro, e utilizam um novo pó trifosforado que garante um melhor rendimento e uma melhor restituição de cores. Funcionam somente com balastro eletrónico e permitem economizar cerca de 25 % de energia em relação às tradicionais T8 com balastro eletromagnético.

4.3.3. Lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs)

São pequenos tubos fluorescentes que têm sido progressivamente adaptados a vários tamanhos, formas e suportes (casquilhos) das lâmpadas a que estamos normalmente habituados. Por esta razão, as lâmpadas de baixo consumo são também conhecidas por compactas, representado na Figura 21.



Figura 21 - Lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs) [36].

São mais caras do que as tradicionais, se bem que a sua poupança em eletricidade permite amortizar um maior investimento muito antes de terminar o seu tempo de vida útil (entre 8.000 e 10.000 horas), além disso estão preparadas para um número elevado de ciclos de ligar e desligar.

4.3.4. Protocolo DALI

DALI é um acrónimo de “*Digital Addressable Lighting Interface*”, sendo um protocolo de comunicação para o controlo de dispositivos de iluminação, e o resultado de um esforço para normalizar interfaces digitais de balastros eletrónicos, permitindo aos projetistas e fabricantes de componentes de iluminação implementar e criar soluções de iluminação complexas. DALI é a forma ideal e simplificada de comunicação digital ajustada às necessidades tecnológicas do “*lighting design*” contemporâneo. Este novo padrão não é meramente uma versão digital dos atuais sistemas de controlo analógico. Os componentes DALI possibilitam a criação de um sistema de iluminação flexível, de custo vantajoso e controlo descentralizado. O DALI é restrito unicamente aos componentes do sistema de iluminação e esta limitação não é uma desvantagem, pelo contrário, simplifica o planeamento e instalação [36].

4.3.5. Lâmpadas LED (Díodo Emissor de Luz)

Os leds são uma tecnologia emergente de rápida evolução e a sua eficácia está a par com a das LFCs, e a redução do consumo de energia elétrica na iluminação passa

indiscutivelmente pela utilização de leds. No futuro próximo, é provável que se tornem numa alternativa para toda a gama de lâmpadas.

Um led é constituído por várias camadas de material semiconductor. Existem já disponíveis lâmpadas de led para substituição direta de lâmpadas incandescentes, de halogéneo e fluorescentes, em diversos tamanhos e suportes (casquilhos). A Figura 22 ilustra a representação de um led.



Figura 22 - Lâmpadas led [36].

Conseguem poupanças até 90% de energia na substituição de Os leds são, portanto, o tipo de lâmpadas mais eficientes que qualquer outro tipo de iluminação elétrica. Esta relação de eficiência é medida em lúmens por Watt (lm/W), além desta grande vantagem possuem ainda outro tipo de vantagens como por exemplo possuem uma luminosidade constante, conseguem assegurar mais de 30000 horas de funcionamento; não emitem calor e são ecológicas [36].

4.3.6. Tubo solar

O tubo solar é uma das tecnologias mais avançadas a nível mundial em termos de difusão de luz natural em espaços interiores. Independentemente da posição do Sol, este sistema permite captar, conduzir e difundir a luz natural de forma homogênea a toda uma divisão. Na Figura 23 está apresenta o tubo solar.

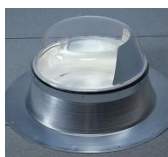


Figura 23 - Tubo solar.

Baseado em *design* e tecnologia de vanguarda, o tubo solar é constituído por uma conduta refletora hermética que retransmite os raios solares com extrema eficácia, absorvendo 99,9% dos raios ultravioleta e minimizando a transferência de calor. Basta um único Tubo solar para iluminar uma área até 33 m², mesmo com céu nublado [37].

4.3.7. Aquecimento central

Ao analisar os principais tipos de aquecimento central que existem no mercado e que se dividem em três grandes grupos, ver na Figura 24.



Figura 24 - Principais tipos de aquecimento central [38].

Aquecimento eléctrico

O aquecimento eléctrico, quer em termos de piso radiante quer em termos de radiadores, beneficia de uma instalação simples e económica, tendo no entanto como principal desvantagem os elevados custos de exploração relacionados com o preço da nossa energia eléctrica.

Aquecimento Hidráulico

O Aquecimento Hidráulico (passagem de água pelos radiadores ou piso radiante), quer em termos de piso radiante quer em termos de radiadores, acarreta uma instalação mais complexa e dispendiosa, mas ao ser associado a fontes de calor económicas (como bombas de calor, caldeiras a pellet's ou caldeiras de condensação a gás natural) têm custos de exploração relativamente baixos e que amortizam a diferença de investimento num período reduzido. Este tipo de solução integra-se com a necessidade de aquecer as águas sanitárias nas habitações, não havendo por isso duplicação de investimento [38].

4.3.8. Ar Condicionado

O Ar Condicionado, trata-se de uma solução relativamente económica com a vantagem de fazer facilmente frio e quente. Existem essencialmente três tipos de sistemas a destacar: Multi/Mono-Split Mural; cassette e consola. No caso do sistema split uma unidade exterior pode acoplar uma ou diversas unidades interiores, diminuindo o impacto da instalação. As cassetes possuem quatro saídas por unidade, este tipo de sistema é o mais indicado para áreas com maiores dimensões. A consola constitui uma forma mais estética, podendo a unidade ser colocada no chão ou no teto [36].

Tipos de Aquecimento

É necessário analisar as fontes de calor compatíveis com cada sistema de aquecimento instalado. O piso radiante trabalha a 40°C contra os radiantes que trabalham a 60°C. Por este motivo os radiadores não podem trabalhar com bombas de calor ou painéis solares.

Na Figura 25 estão apresentados os tipos de aquecimento central, as fontes de calor e os tipos de sistema de aquecimento associados.

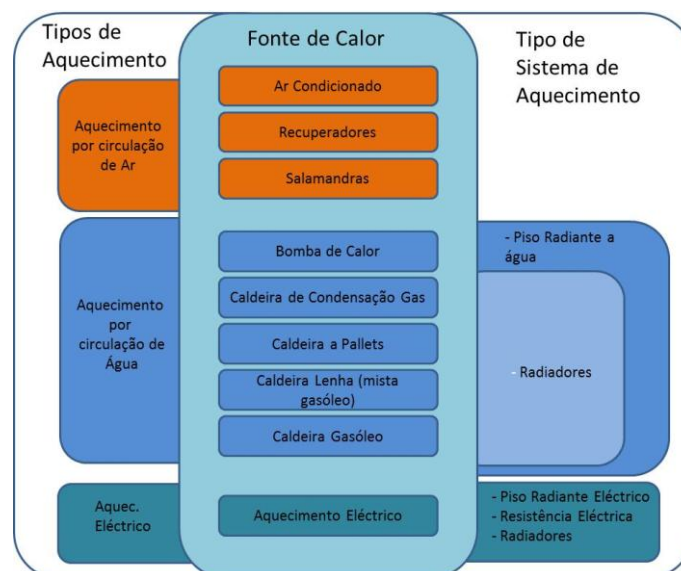


Figura 25 - Tipos de aquecimento, fontes de calor e tipos de sistema de aquecimento [38].

4.3.9. Analisadores de energia

Existem, diversas marcas que comercializam analisadores de rede. Neste caso foi elaborada uma pesquisa no mercado relativamente às características técnicas de analisadores de energia e de gás de combustão fixos e portáteis.

4.3.10. Tipos de analisador de energia e gás de combustão

No mercado existe uma série de analisadores de energia e de gás, desta forma destaca-se os seguintes: modelo PM 870 da Schneider; série *Sineax* A230S marca Camille Bauer e os analisadores de energia e do gás de combustão portáteis da marca Fluke 434 e o Kit *testo* 310, respetivamente.

Modelo PM 870 Características principais:

- Fácil instalação e operação;
- Conexão direta de tensão;
- Display grande, de fácil leitura;
- Análise da qualidade de energia;
- IEC 62053-22 classe 0,5S para energia ativa;
- Display remoto.

O display remoto opcional pode ser montado até 10 m de distância do medidor. O módulo adaptador inclui uma porta adicional de comunicação RS485/RS232.

Na Figura 26 podemos observar a representação do analisador PM870 com um custo associado de 800 € a unidade.



Figura 26 – PowerLogic série PM 800 [39].

Pontos fracos do equipamento:

- Não faz a análise de Inter-Harmônicos;
- É um equipamento fixo.

Detalhes da serie PM 800

Poderão ser consultadas outras características no sítio do fabricante [39].

2º Analisador

Encontra-se no mercado um equipamento bastante mais acessível em termos económicos do que o anterior da marca Camille Bauer da serie Sineax A230S (150 € a unidade).



Figura 27 – Analisador da rede Camille Bauer [40].

A Comunicação será feita através de porta RS485 entre os diversos equipamentos sendo depois convertido para RS232 e ligado ao PC. Aí estará um *software* residente de recolha de informação e tratamento ao nível de tabelas em Excel dos valores medidos em cada equipamento.

Pontos Fracos do Equipamento:

- Não faz medição de Inter-Harmónicos
- Só analisa até ao harmónico de 15ª ordem
- É um equipamento fixo

Poderão ser consultadas outras características no sítio do fabricante [40].

Analizador da Rede portátil

O analisador de energia de rede da marca Fluke 434 é portátil. O Fluke 434 é a escolha ideal para os técnicos fazerem o diagnóstico e deteção de avarias relacionadas com a qualidade de energia e com avarias gerais no equipamento, na generalidade do sector industrial. Este Analisador de Qualidade de Energia está otimizado para medições industriais na frequência fundamental dos 50 Hz. Encontra-se ilustrado na Figura 28.



Figura 28 – Exemplo do analisador de qualidade de energia Fluke 43B [41].

Além de fazer de Analisador de qualidade de energia, o Fluke 435 tem mais funções, que acrescentar ao facto de ser portátil encarecerá o preço do mesmo, cerca de 6.297 €. Neste caso foi o equipamento utilizado para realizar a monitorização energética dos quadros gerais dos edifícios B, G e H.

Características principais:

- Ferramenta trifásica completa para a deteção de avarias, que mede praticamente todos os parâmetros de sistemas de energia: tensão, corrente, frequência, potência, consumo de energia, desequilíbrio e oscilações, harmónicos e inter-harmónicos. Capta eventos como subidas e descidas, efeitos transitórios, interrupções e alterações rápidas de tensão;
- Função de registo: regista os detalhes de que precisa. O registo duradouro e personalizado de dados detalhados oferece-lhe as leituras MÍN, MÁX e MÉD de um máximo de 100 parâmetros nas 4 fases, com tempo seleccionável de determinação da média até 0,5 segundos. Dispõe de memória suficiente para registar 400 parâmetros, com resolução de 1 minuto para o máximo de um mês;
- Quatro canais: mede simultaneamente tensão e corrente em todas as três fases e no neutro;
- *AutoScaling*: análise de tendências mais fácil - com escalamento automático do eixo vertical, usará sempre a totalidade do visor para visualizar as formas de onda.
- Visualização automática de efeitos transitórios: capta automaticamente até 40 subidas, descidas, interrupções, ou efeitos transitórios;
- Está em conformidade com a norma de medição IEC 61000-4-30.

Na Tabela 1 estão identificadas as características associadas à precisão do equipamento da Fluke 435:

Tabela 1 - Precisão dos diversos equipamentos [41].

| Precisão/Equipamento | Fluke435 |
|----------------------|--------------|
| Tensão | 0.1 % |
| Corrente | 0.5 % |
| Potência Ativa | 1 % |
| Potência Reativa | 1 % |
| Potência Aparente | 1 % |
| Fator de Potência | ± 0.033 |
| Frequência | $\pm .01$ Hz |

Pontos fortes do equipamento:

- Está em conformidade com a norma de medição IEC 61000-4-30.

Pontos fracos do equipamento:

- Preço de aquisição elevado

Poderão ser consultadas outras características no sítio do fabricante [41].

Os analisadores da qualidade energia diferem entre si no que diz respeito ao grau de precisão, funções que desempenham. Na Tabela 2 podemos ver a precisão dos diversos equipamentos.

Tabela 2 - Precisão dos diversos equipamentos [39, 40, 41].

| Precisão/Equipamento | PM 800 | A230S | Fluke 435 | |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| Tensão | 0.1 % | 0.2 % | 0.1 % | |
| Corrente | 0.2 % | 0.1 % | 0.5 % | |
| Potência Ativa | 0.5 % | 0.5 % | 1 % | |
| Potência Reativa | 0.5 % | 0.5 % | 1 % | |
| Potência Aparente | 0.5 % | 0.5 % | 1 % | |
| Fator de Potência | ± 0.002 | 0.5 % | ± 0.033 | |
| Frequência | ± 0.01 Hz | ± 0.02 Hz | ± 0.01 Hz | |
| | 800 | 150 | 6.297 | Preço € (Unidade) |

Kit *testo* 310 - Analisador de gases de combustão

Descrição

O *testo* 310 tem 2 células de medição para O_2 e CO , e um sensor de temperatura integrado dentro da sonda de gases. Os sensores de gás medem exactamente o conteúdo de oxigénio e monóxido de carbono bem como as temperaturas dos gases e ambiente. A partir destes dados calcula todos os parâmetros relevantes tais como o CO_2 , rendimento e as perdas de gás.



Figura 29 - Kit *testo* 310 [41].

O instrumento destaca-se pelo seu menu com estruturas simples e fáceis de manusear. Os combustíveis não são armazenados apenas como números, mas são também descritos, na Figura 29 ilustra-se a representação do *kit* *testo* 310.

5. Proposta de Solução

Este capítulo foi desenvolvido com o objetivo de definir propostas de solução para os respetivos requisitos inerentes à norma *NP EN ISO 50001*, para se perceber de uma forma mais sintetizada o trabalho que foi desenvolvido. Neste seguimento pretende-se, desta forma, criar uma base de dados com a documentação exigida por um Sistema de Gestão Energético (SGE), preconizado pela Norma *NP EN ISO 50001*. No manual de gestão energética que foi desenvolvido encontra-se toda a informação seguinte com mais detalhe, nomeadamente em termos de procedimentos; instruções de trabalho e formulários.

5.1. Requisitos legais aplicáveis

As organizações devem assegurar que os requisitos legais, e outros requisitos são consideradas na implementação do seu SGE. Uma organização para poder ser certificada, segundo a norma *NP EN ISO 50001* tem que cumprir os requisitos legais que lhe são aplicáveis.

A organização deve desenvolver uma visão completa das suas necessidades e questões legais relacionadas com a energia para que possa estabelecer e manter uma conformidade com esses requisitos numa base contínua, sendo necessário segundo a norma identificar, avaliar e atualizar esses requisitos legais e outros regulamentos aplicáveis [11].

No caso do ISEP não existe nenhum procedimento para identificação, análise, registo e divulgação dos requisitos legais e outros relacionados com o uso de energia, consumo e eficiência da organização, sendo assim foi necessário definir a metodologia para identificação, análise, registo e divulgação dos requisitos legais e outros, aplicáveis às atividades, produtos e serviços do ISEP. No manual de gestão energética encontra-se esse procedimento documentado para a identificação dos requisitos legais e outros com a seguinte codificação - PG01/0 (Requisitos legais e outros), e ainda o formulário associado com a seguinte codificação - FR 01/0 (Lista de requisitos legais e

outros requisitos).

Na Figura 30 estão identificados os principais requisitos legais aplicáveis ao ISEP, assim como o âmbito de aplicação de cada decreto-lei e as recomendações necessárias para cumprir com a legislação energética referida.

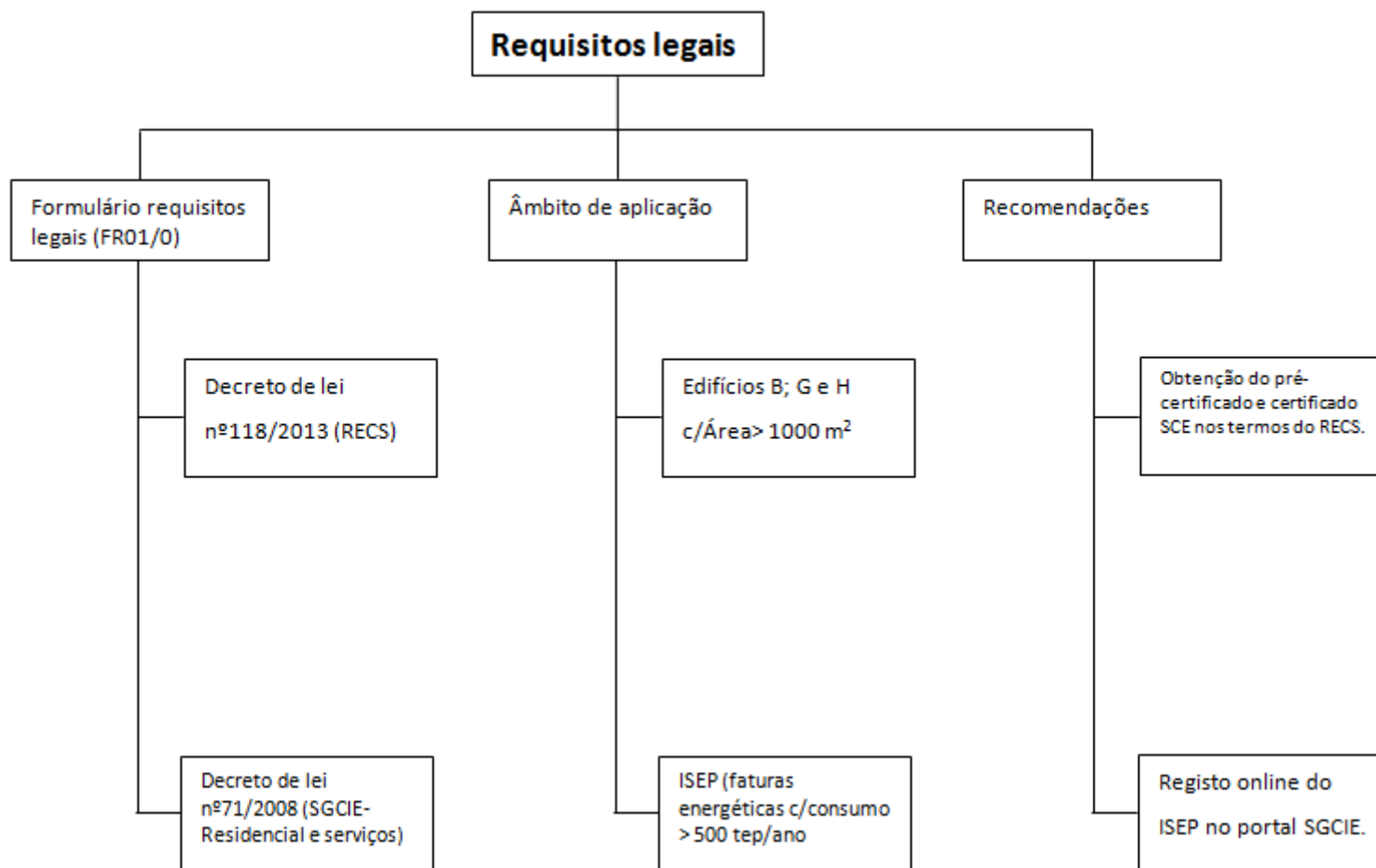


Figura 30 - Requisitos legais e outros requisitos estão relacionados com o uso e o consumo de energia, e com a eficiência da organização.

5.2. Avaliação energética

A avaliação energética é um processo fundamental do planeamento energético que permite a uma determinada organização conhecer de uma forma mais aprofundada o seu desempenho energético. Este processo está subdividido em três etapas: análise do uso e consumo de energia; identificação das áreas de uso significativo de energia; e identificar [11].

Como se pode constatar através da Figura 40, inicialmente realizou-se uma análise da forma como a energia é consumida e utilizada recorrendo aos recursos disponíveis. Posteriormente com base nessa análise foram definidos dois critérios de forma: a identificar as áreas com utilizações significativas de energia; a identificar, priorizar e registar oportunidades de melhoria no desempenho energético do ISEP. No manual de gestão energética foi desenvolvido um procedimento - PG02/0 (Avaliação Energética) associado à avaliação energética estão definidos de forma mais específica as etapas associadas a este processo. Este procedimento aplica-se na análise ao uso e consumo de energia na organização, na identificação das suas áreas de uso e consumo de energia significativos, na identificação de oportunidades para a melhoria do seu desempenho energético, tendo em conta os critérios de avaliação e priorização definidos. Além disso foi também elaborado um procedimento com a seguinte codificação -PG03/0 (Registo dos consumos), que tem por objetivo regular todas as atividades relacionadas com os registos dos consumos associados ao ISEP. Este procedimento encontra-se no manual de gestão energética do ISEP com as instruções de trabalho e os formulários associados.

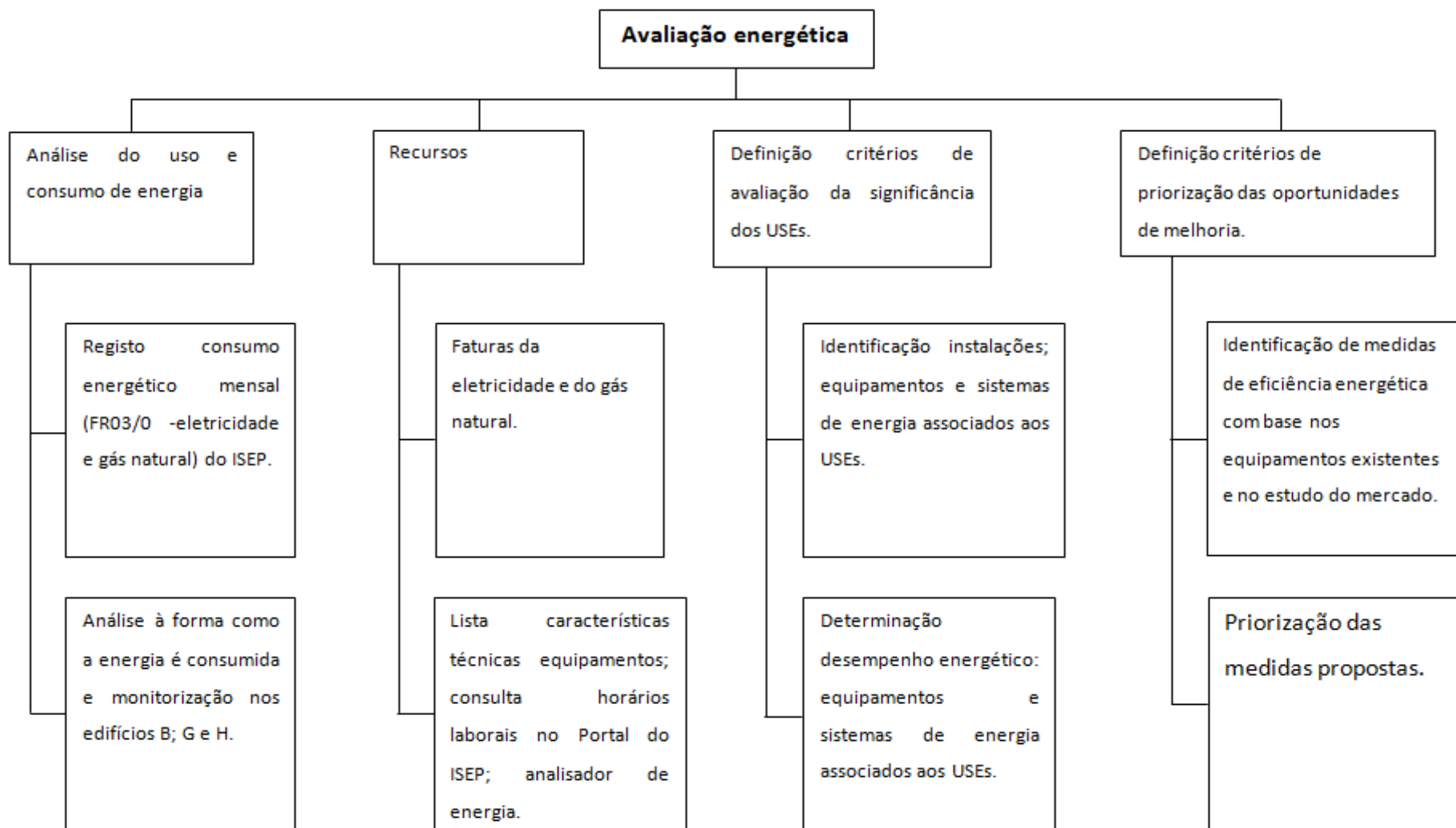


Figura 31 - Procedimento relacionado com a Avaliação energética do ISEP.

5.3. Programa de melhoria

O programa de melhoria visa fundamentalmente planear as ações de melhoria do desempenho energético de uma determinada organização. Após a identificação e priorização das oportunidades de melhoria, foram formulados e documentados planos de ação que contemplam o plano de objetivos/metasp energéticas e o plano de verificação de resultados. No manual de gestão energética encontra-se esse procedimento documentado para a definição da metodologia para a definição dos objetivos e metas e a consequente elaboração do Programa de Gestão de Melhoria (Figura 32), com a seguinte codificação - PG04/0 (Programa de Gestão), e ainda o formulário associado com a seguinte codificação - FR 04/0 (Objetivos, metas e plano de ação).

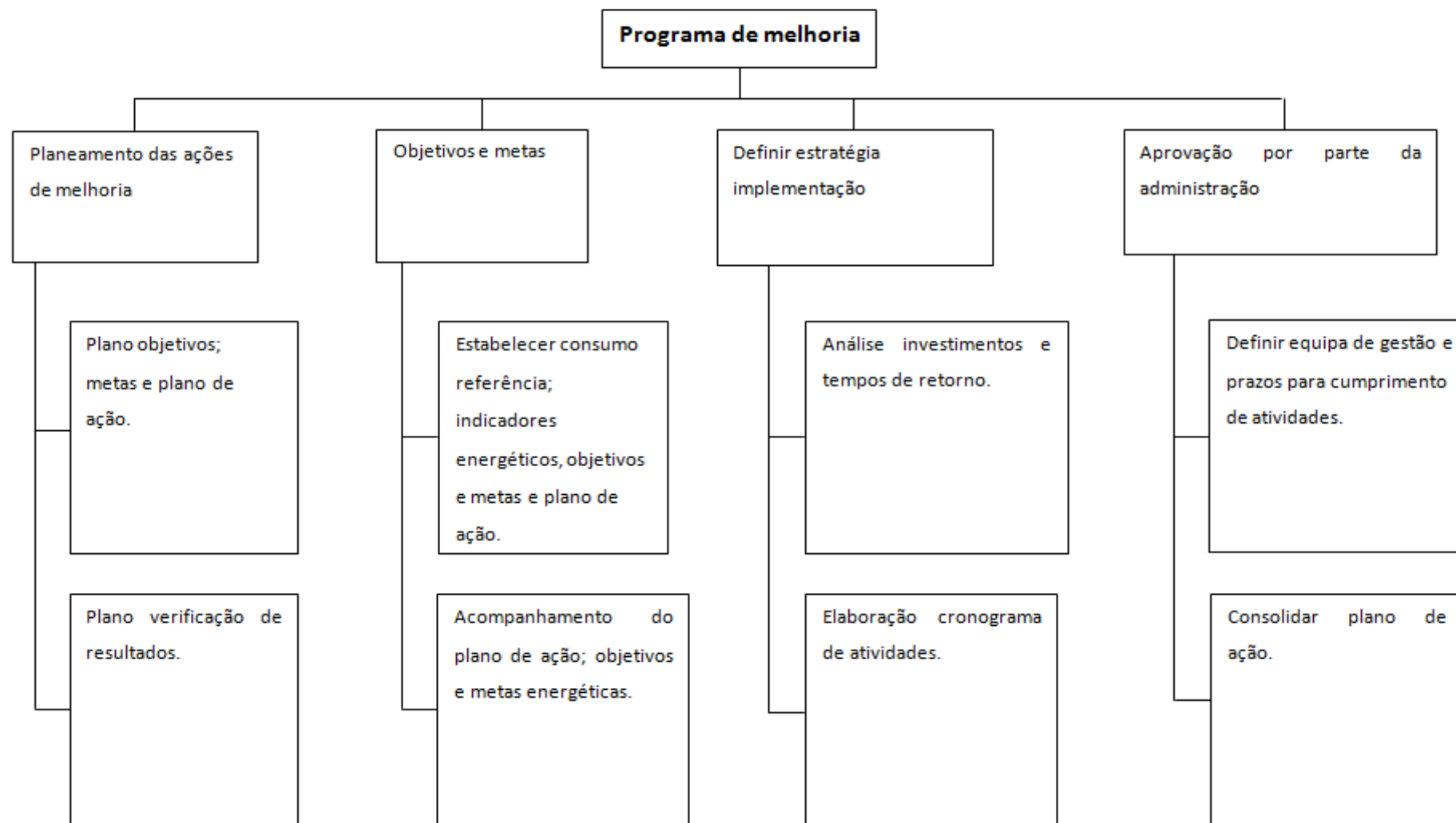


Figura 32 - Procedimento relacionado com o programa de ação de melhoria do desempenho energético do ISEP.

5.4. Formação

A norma *NP EN ISO 50001* prevê que uma organização providencie formação ou desenvolva outras ações, de forma a responder às necessidades existentes, para que qualquer pessoa que trabalhe para a organização relacionada com o uso significativo de energia, seja competente com base numa adequada escolaridade, formação ou experiência. Além disso devem ser identificadas as necessidades de formação associadas ao controlo das suas utilizações significativas de energia e ao funcionamento do SGE. A organização deve assegurar que qualquer colaborador esteja consciente:

- 1) Da importância da conformidade com a política energética, os procedimentos e os requisitos do SGE;
- 2) Das suas atribuições, responsabilidades e autoridade para atingir a conformidade com os requisitos do SGE;
- 3) Dos benefícios de um melhor desempenho energético;
- 4) Do impacto com relação ao uso e consumo de energia, das suas atividades e como as suas atividades e comportamentos contribuem para a realização dos objetivos e metas energéticas e as potenciais consequências do desvio aos procedimentos especificados [11].

Durante a implementação de um SGE é necessário garantir as formações adequadas no seio de uma organização de forma a desenvolver as competências necessárias por parte dos colaboradores associados às USEs. No diagrama encontram-se as etapas necessárias para realizar as respetivas formações necessárias. Neste caso pretende-se estabelecer um procedimento documentado - PG05/0 (Competências, Formação e Sensibilização) associado às competências, formação e sensibilização dos colaboradores do ISEP associados aos USEs e os respetivos formulários, abordados no manual de gestão energética, que visam a prossecução das cinco etapas enumeradas na Figura 33.

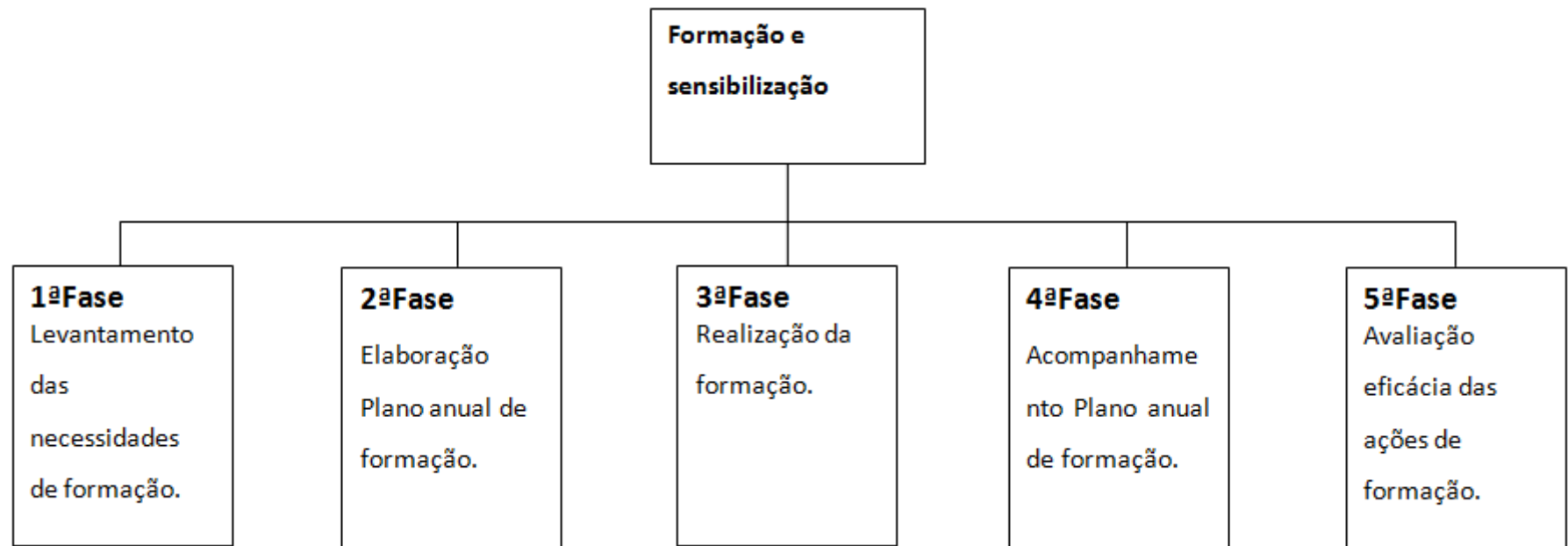


Figura 33 - Procedimento relacionado com a formação, sensibilização e habilitações dos recursos humanos.

5.5. Comunicação

Para assegurar a aplicação efetiva do sistema de gestão de energia é necessário comunicar internamente os resultados do desempenho energético e do SGE. Como tal, é necessário estabelecer um procedimento de comunicação em que cada pessoa possa introduzir sugestões de melhoria, o que pode constituir uma excelente forma de envolver e sensibilizar todos os colaboradores para o esforço da organização em continuamente melhorar o seu desempenho energético, tornando o SGE mais efetivo.

Em relação à comunicação externa a norma *NP EN ISO 50001* afirma que fica ao critério da organização se decide realizar uma comunicação externa sobre a sua política energética, o seu SGE e o seu desempenho energético, o que poderá ser vantajoso para imagem da organização, em termos de gestão energética, ambiental ou da sustentabilidade [11]. Este requisito permite estabelecer uma comunicação interna sobre os resultados do SGE de forma a envolver e motivar todos os colaboradores para a melhoria contínua do desempenho energético. Na Figura 34 estão descritas as etapas associadas ao processo de comunicação. Tal como os requisitos anteriores, existe um procedimento documentado - PG06/0 (Comunicação) associado a este requisito, que se encontra no manual de gestão energética, assim como o formulário respetivo com a seguinte codificação FR 06/0 – (Plano de comunicação).

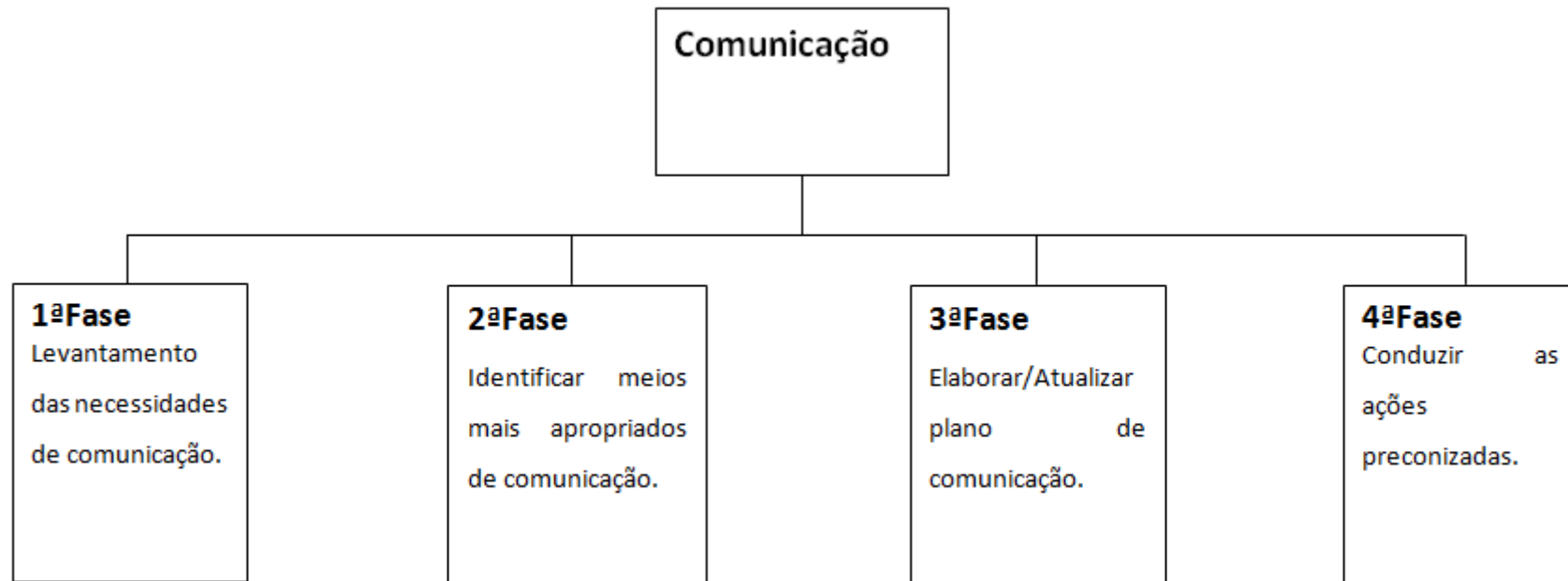


Figura 34 - Procedimento relacionado com à comunicação do sistema de gestão energético.

5.6. Documentação

O sistema de gestão é essencialmente constituído por duas tipologias de informação:

- A informação que comunica o que vai ser feito e como vai ser feito relativa ao futuro (Documentos); e
- A informação que fornece os resultados atingidos ou evidências das atividades desenvolvidas pela organização relacionada com atividades passadas (Registos)

Segundo a norma, uma organização deve estabelecer, implementar e manter a informação que descreva os principais elementos do seu SGE e suas interações, podendo adotar os formatos que considerar adequados (papel, formato digital ou outro). É recomendado que a documentação do SGE inclua o seguinte:

- Âmbito de aplicação e fronteiras do SGE
- Política energética
- Processo de planeamento energético
- Metodologia e critérios para a avaliação energética
- Objetivos e metas energéticas
- Plano de ação para a gestão de energia
- Requisitos na aquisição de bens e serviços
- Plano de medição de energia
- Plano de auditorias internas

Este requisito permite organizar e controlar toda a documentação associada aos principais elementos de um SGE [11]. Neste caso foi desenvolvido um procedimento documentado - PG07/0 (Gestão de Documentos e Registos; Avaliação da conformidade legal) para estabelecer as regras para a gestão de toda a documentação gerada pelo ISEP, nomeadamente as regras para a elaboração, divulgação, arquivo e destruição de documentos e registos e assim dar seguimento às etapas presentes na Figura 35. Além disso foi elaborada uma proposta para a codificação da documentação expressa na instrução de trabalho - IT01-07/0 (Codificação da Documentação) e nos respetivos formulários.

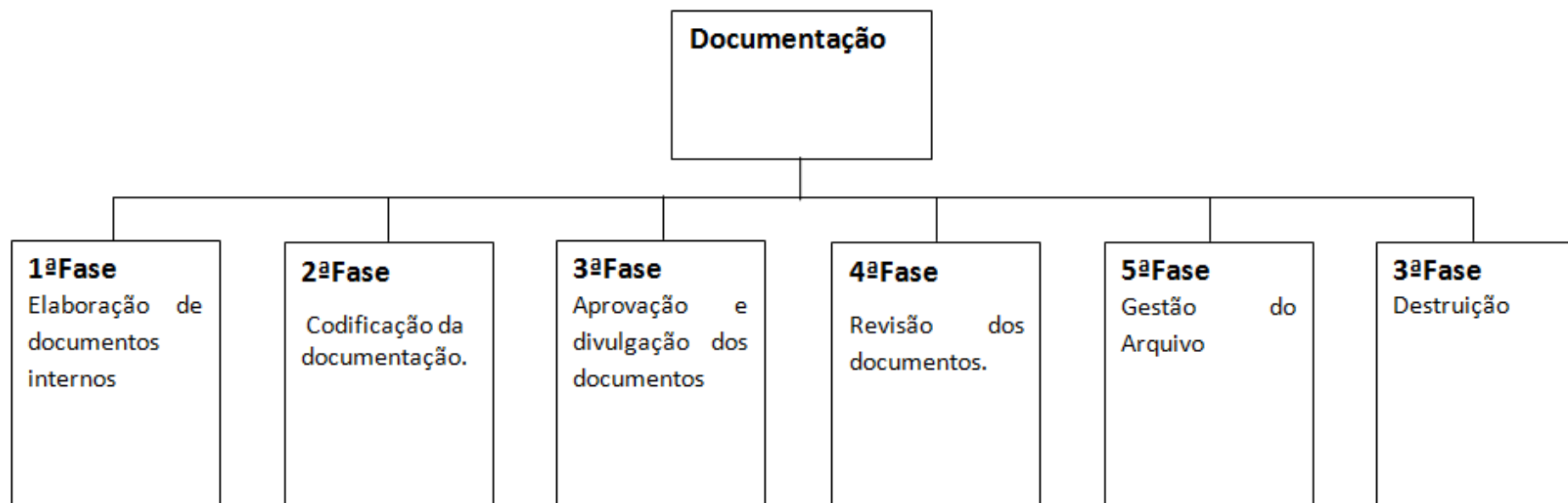


Figura 35 - Procedimento relacionado com as etapas associadas à documentação de um sistema de gestão energético.

5.7. Controlo operacional, medição e monitorização

O controlo operacional permite assegurar que os equipamentos e os sistemas de energia associados às USEs sejam controlados do ponto vista operacional e de manutenção. No caso da verificação do desempenho do SGE é necessário garantir que as características-chave são monitorizadas e controladas. A determinação dos controlos operacionais envolve a identificação e o planeamento das atividades para certificar-se que os fatores críticos que afetam o desempenho energético são conhecidos, e comunicados às entidades responsáveis.

Uma vez que os critérios operacionais e de manutenção adequados para cada uso significativo de energia forem determinados, os critérios e os seus associados controlos operacionais devem ser implementadas. Geralmente, os critérios de operação e manutenção são implementados por meio de formação, comunicação e documentação [11]. É fundamental que os controlos operacionais sejam comunicados ao pessoal apropriado, incluindo fornecedores que realizam trabalho associado às utilizações significativas de energia.

Para este requisito da norma foi elaborado um procedimento documentado - PG08/0 (Controlo operacional Medição e Monitorização) relacionado com a aglutinação do controlo operacional e do requisito relacionado com as medições e monitorizações e o respetivo formulário associado - FR08 (Plano/Mapa de monitorização e controlo), que se encontra no manual de gestão energética. Além disso, de forma a dar seguimento às etapas da Figura 36, definiu-se um mapa relacionado com os controlos operacionais necessários.

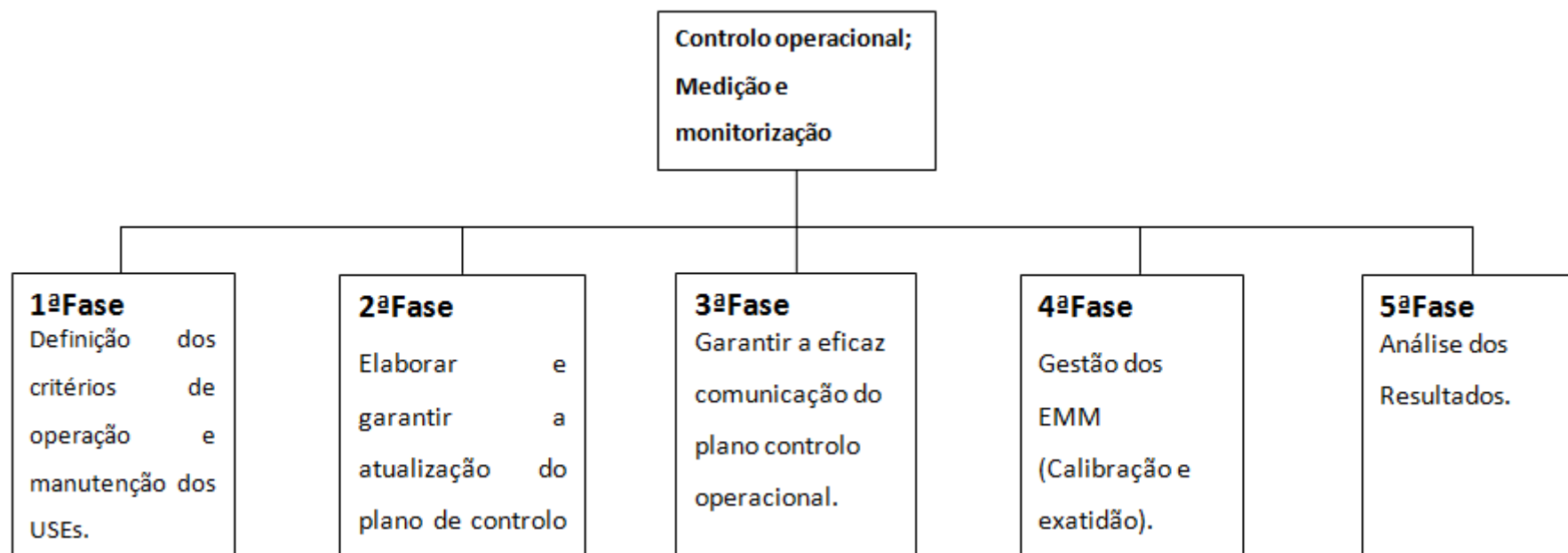


Figura 36 - Procedimento relacionado com o controlo operacional e a verificação de um sistema de gestão energético.

5.8. Avaliação de fornecedores

A NP EN ISO 50001 requer que uma organização informe os seus fornecedores *“aquando do aprovisionamento de serviços, produtos e equipamentos que tenham ou possam ter um impacto significativo no desempenho energético”*. Este requisito procura garantir deste modo que os fornecedores estão em linha com a política e os objetivos energéticos definidos pela organização, para além das inerentes vantagens relacionadas com o custo e o serviço/qualidade do produto. Para este fim, as organizações devem estabelecer critérios adequados para avaliar o desempenho energético ao longo da vida útil, prevista ou esperada durante o processo de aprovisionamento de serviços, produtos e equipamentos que tenham ou possam ter um impacto significativo no desempenho energético [11].

Elaborou-se um procedimento documentado relacionado com a avaliação de fornecedores, sendo que foram definidas responsabilidades relacionadas com essa avaliação nomeadamente a presidência do ISEP, o aprovisionamento e a equipa de gestão do sistema de energia. Na Figura 37, encontram-se os tipos de avaliação a fornecedores. Para este caso foi proposto um procedimento documentado - PG09/0 (Procedimento da Avaliação de fornecedores) para a avaliação de fornecedores com o intuito de os informar que a contratação dos seus produtos/serviços é avaliada com base no desempenho energético e a documentação associada.

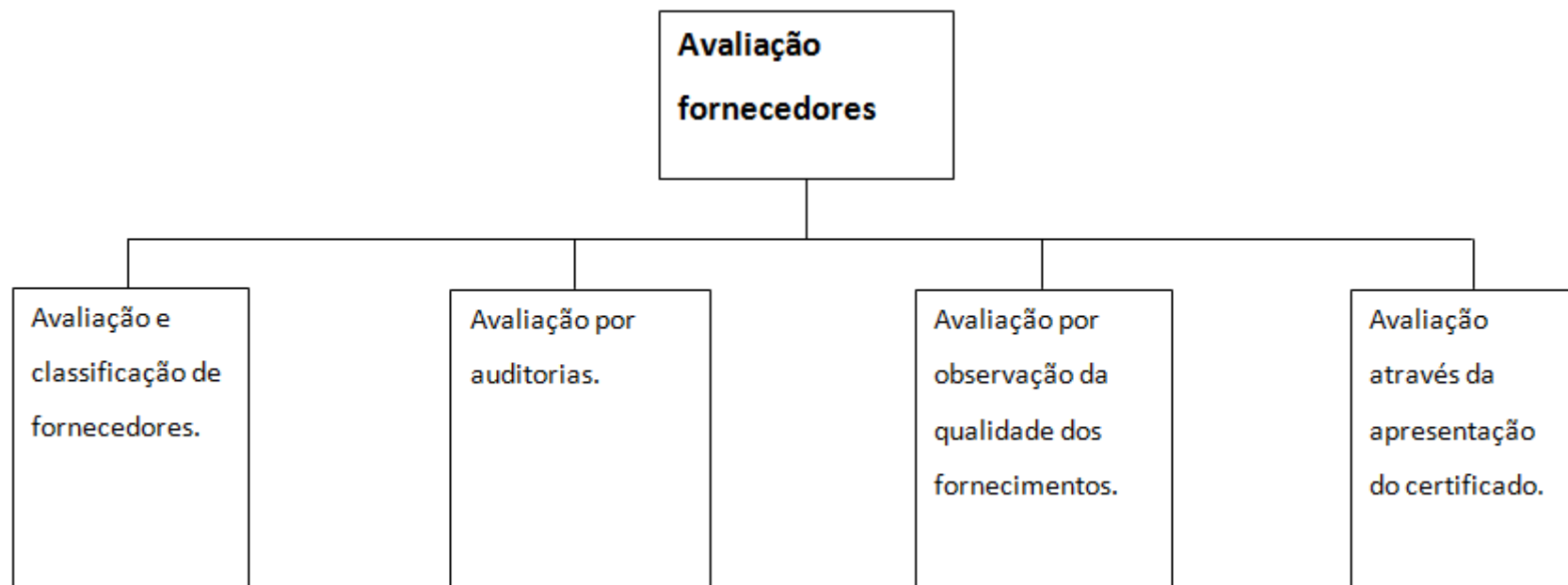


Figura 37 - Possíveis tipos de avaliações a fornecedores num sistema de gestão energético.

5.9. Auditorias internas e não conformidades

Uma auditoria interna é um processo sistemático, independente e documentado para adquirir e avaliar objetivamente evidências que determinem os sistemas de gestão está em conformidade as políticas e com os critérios e requisitos estabelecidos, e para comunicação dos resultados deste processo à Presidência do ISEP do ISEP [11]. Este requisito está associado ao planeamento das auditorias internas e à definição e implementação de uma metodologia para identificar as não conformidades. Como tal, foi proposto um procedimento documentado- PG11/0 (Auditorias) com o intuito de definir a metodologia e as responsabilidades para o planeamento e realização de auditorias ao Sistema de Gestão energético e os respetivos formulários associados: FR12 (Plano de Auditoria Interna); FR 12 (Plano anual de realização de auditorias) e FR12 (Relatório de auditorias internas), que se encontram no manual de gestão energética que foi proposto. Além disso foi, de igual forma, elaborado um procedimento documentado - PG12/0 (não conformidades, ações corretivas e preventivas), onde se pretende definir a metodologia a utilizar para o registo de não conformidades, para a determinação das suas causas, para a definição de ações a implementar e seu acompanhamento, assim como o formulário associado - FR13/0 (Formulário de não conformidades).

Na Figura 38 estão definidas as etapas necessárias para conduzir e planejar auditorias internas e identificar não conformidades.

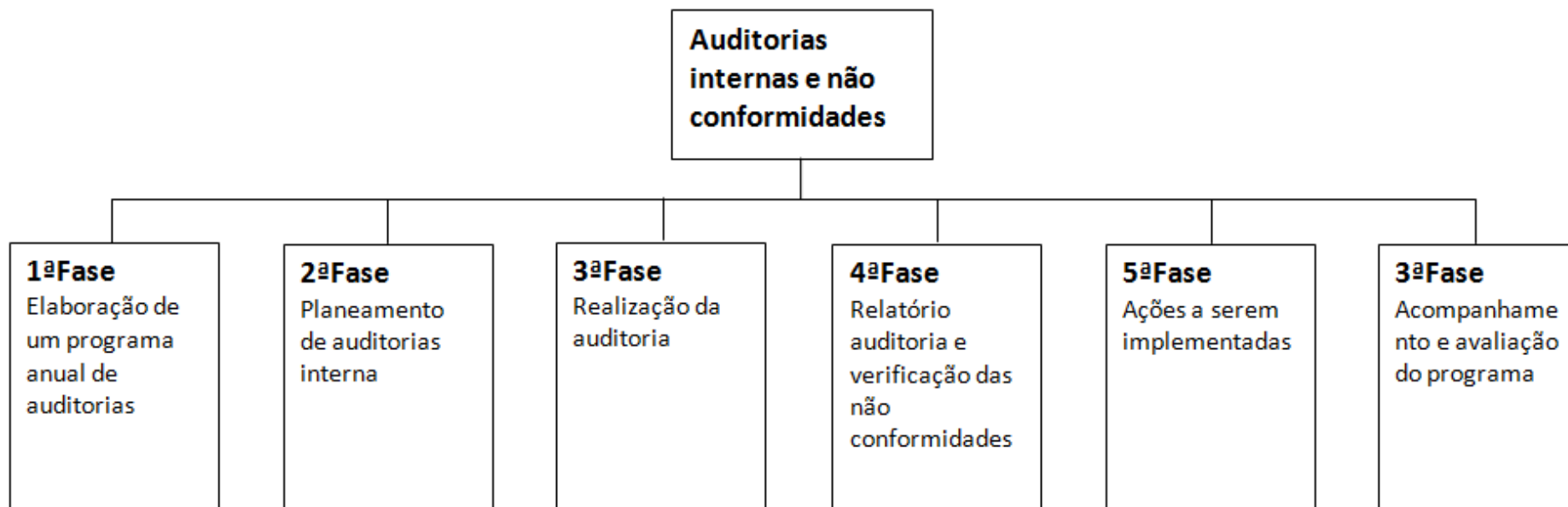


Figura 38 - Procedimento relacionado com o planeamento e prossecução de auditorias internas e não conformidades num sistema de gestão energético.

5.10. Revisão SGE

A revisão pela gestão ao SGE abrange as tomadas de decisão pela gestão de topo com base nos dados recolhidos e analisados, com o intuito de assegurar a melhoria contínua do SGE.

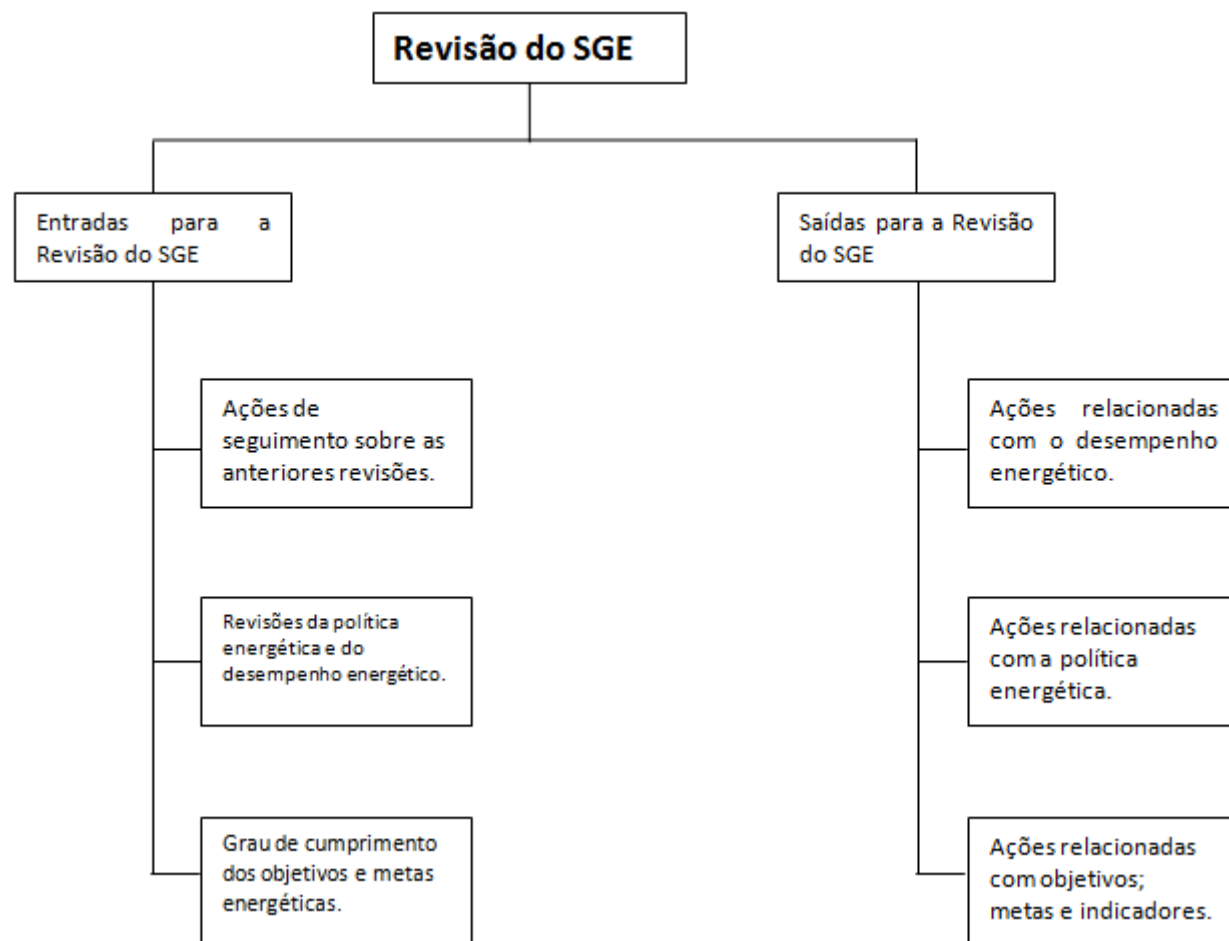


Figura 39 - Procedimento relacionado com a revisão do sistema de gestão energético.

6. Implementação da Solução Proposta

Este capítulo está associado ao trabalho que foi desenvolvido para cada requisito associado à norma portuguesa *NP EN ISO 50001*, quer do ponto de vista de apresentação de propostas de solução, como também através de recomendações da referida norma e de guiões a ela associados.

Toda a documentação relacionada com a norma *NP EN ISO 50001*, ou seja procedimentos, instruções de trabalho e formulários encontra-se no manual de gestão energética que foi elaborado como proposta para o ISEP. Além disso é apresentado um planeamento energético, tendo em conta a legislação energética nacional em vigor, a política e a avaliação energética do ISEP, onde são desenvolvidos indicadores, objetivos e metas de desempenho energético bem como planos de ação para cumprimento desses mesmos objetivos. Por fim, foram propostas medidas, que convergem na necessidade da monitorização dos consumos de energia, e análises necessárias para assegurar a implementação efectiva do SGE.

6.1. Responsabilidades da gestão de topo

O compromisso da gestão de topo com o sistema de gestão energético deve ser verticalizado a toda a organização, através da definição de um responsável e uma equipa de gestão de energética [42].

6.2. Representante da gestão de topo e equipa de energia

O representante da gestão, juntamente, com a gestão de topo ficará responsável pela denominação da equipa de gestão energética, para lhe oferecer um suporte na implementação do sistema de gestão de energia [42].

6.2.1. Delimitar o âmbito e limites do SGE

Segundo a norma, o âmbito de aplicação refere-se à extensão da organização em termos de atividades, instalações e decisões que a organização aborda através de um SGE. Para este trabalho são incluídos no âmbito do SGE os Edifícios B, G, H. Os

limites do SGE são definidos como limites físicos e/ou limites organizacionais, definidos pela organização. Neste caso considerou-se como limites do SGE os sistemas de energia eléctrica associados à iluminação; climatização; gás natural, assim como os equipamentos existentes nos respetivos edifícios [43]. No manual de gestão energética desenvolvido encontra-se de uma forma mais detalhada e documentada o âmbito e os limites definidos, na perspetivada norma *NP EN ISO 50001*.

6.2.2. Política energética

Na perspetiva da norma, a política energética deve assegurar, através de uma declaração documentada e comunicada, o compromisso da organização para alcançar melhorias no seu desempenho energético, tendo em conta o âmbito e os limites do seu SGE, o compromisso com o cumprimento das exigências legais aplicáveis e outros que a organização possa subscrever, relativos a eficiência energética, uso e consumo de energia [43]. No manual desenvolvido encontra-se uma proposta para a política energética do ISEP.

6.3. Planeamento energético

O planeamento energético permite que uma organização determine o perfil da sua situação energética. A norma *NP EN ISO 50001* exige que o processo de planeamento energético seja documentado e deve levar as ações que melhorem continuamente o desempenho energético da organização. O planeamento energético envolve uma análise das atividades que podem afetar o desempenho energético. Inicialmente é necessário recolher um conjunto de dados energéticos como por exemplo através de medições e monitorizações, faturas energéticas e outras informações relacionadas com a energia que podem ter uma influência sobre o desempenho energético na organização. Para o planeamento energético é necessário ter em conta os requisitos legais e outros requisitos aos quais a organização subscreve e a avaliação energética.

6.3.1. Entradas do processo de planeamento energético

Os requisitos legais e outros requisitos estão relacionados com o uso de energia, consumo e eficiência da organização e a organização deve determinar como

esses requisitos podem afetar o seu desempenho energético.

A avaliação energética está relacionada com a aquisição de dados que é utilizada para realizar um levantamento e diagnóstico energéticos e determinar a situação energética da organização, tendo como função fornecer informações sobre os dados energéticos para apoiar outras as atividades de planeamento.

6.3.2. Saídas do processo de planeamento energético

O consumo energético de referência (*Baseline*) e os Indicadores de Desempenho Energético (IDE's) têm como função quantificar o desempenho energético da organização.

Para finalizar o planeamento energético é necessário desenvolver objetivos e metas energéticas e planos de ação, que estão definidos para atender a política energética da organização, e os objetivos estratégicos relacionados com o desempenho de energia da organização, como se pode ver na Figura 40 [11].

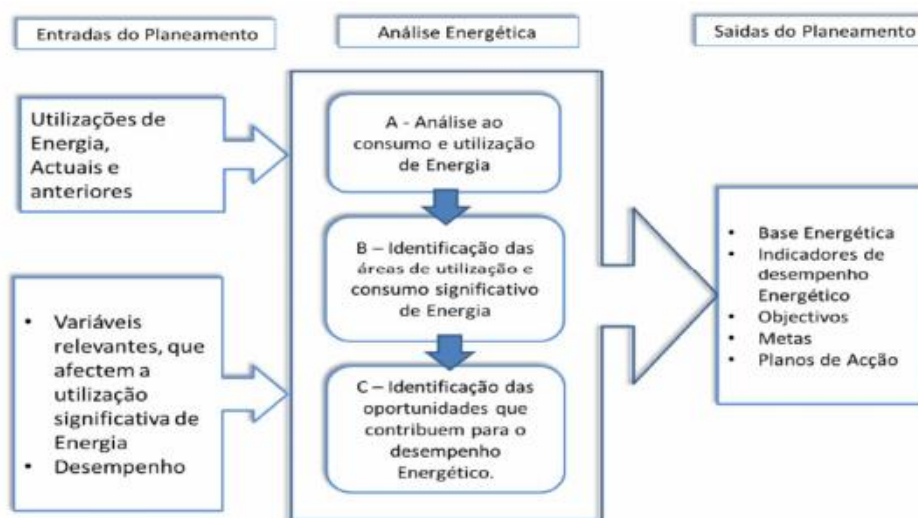


Figura 40 - Planeamento Energético

Sendo que a norma exige que o planeamento energético deve ser documentado, foi necessário desenvolver esse processo, tendo em conta os *inputs*, os recursos necessários, os *outputs* e as tarefas principais.

6.4. Requisitos legais aplicáveis

A organização deve desenvolver uma visão completadas suas necessidades e questões legais relacionadas com a energia para que possa estabelecer e manter uma conformidade com esses requisitos numa base contínua, sendo necessário segundo a

norma identificar, avaliar e atualizar esses requisitos legais e outros regulamentos aplicáveis [11].

Neste caso foi definido um procedimento para identificação, análise, registo e divulgação dos requisitos legais e outros relacionados com o uso de energia, consumo e eficiência da organização. Para poder identificar esses requisitos energéticos, inicialmente houve a necessidade de consultar as fontes de informação relacionadas com a legislação energética, nomeadamente a Agência para a Energia (ADENE); a Direção geral de energia e geologia (DGEG), e outras fontes de informações.

A partir da análise da legislação energética, abordada no capítulo 3, foi possível consultar os documentos potencialmente aplicáveis ao ISEP, e desta forma identificá-los. Pode no âmbito do setor da indústria, destacar-se o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), segundo o Decreto-Lei nº 71/2008 (no subcapítulo 3.2.1). Este decreto-lei aplica-se ao ISEP, pois segundo o Despacho nº 17313/2008, que estabelece os valores dos fatores de conversão para tep e CO₂ equivalente e através dos cálculos realizados, os consumos energéticos do ISEP correspondem a cerca de 711 tep/ano (tonelada equivalente de petróleo), para o ano de 2015 (no subcapítulo 6.6.8). Para estes cálculos foram incluídos os consumos relativos à energia elétrica e ao gás natural canalizado, de toda a instalação do ISEP, do ano civil imediatamente anterior, ou seja, para o ano de 2015.

O Decreto-Lei nº 118/2013 (no subcapítulo 3.2.4) aplica-se, de igual modo, aos três edifícios em questão, ou seja, edifícios B, G e H, uma vez que segundo o mesmo decreto-lei, são abrangidos pelo SCE os edifícios ou frações existentes de comércio e serviço com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m². Neste caso procedeu-se ao somatório da área de pavimento de todas as zonas térmicas do edifício, com consumo de energia elétrica ou térmica, independentemente da sua função e da existência de sistema de climatização e obteve-se uma área total, medida pelo interior dos elementos que delimitam as zonas térmicas do exterior e entre si, de 5684 m²; 3985 m² e 3214 m² respetivamente para os edifícios H, B e G.

Este Decreto-Lei sugere, ainda, que a ADENE elabore e divulgue recomendações, preferencialmente por escrito para os utilizadores de sistemas técnicos de ar condicionado com potência térmica nominal superior a 12 kW, e sistemas técnicos de aquecimento ambiente com caldeira de potência térmica nominal

superior a 20 kW, sendo que os edifícios B, G e H apresentam uma potência térmica nominal em termos de sistema de ar condicionado:

- 150 kW (Edifício B);
- 68 kW (Edifício G);
- 23,5 kW (Edifício H).

As potências térmicas nominais em termos de sistema de ar condicionado foram contabilizadas através dos somatórios das potências térmicas nominais das 9 unidades de ar exteriores de ar condicionado (Edifícios B e G), as 6 unidades compactas (Edifício B), o *chiller* (Edifício B) e a *Rooftop* (Edifício G).

Além disso, a ADENE sugere, ainda, que sejam divulgadas recomendações em termos de sistemas técnicos de aquecimento ambiente (caldeira), no caso de a instalação apresentar uma potência térmica nominal superior a 20 kW. Neste caso, o ISEP apresenta uma potência térmica nominal de 500 kW (Edifício G e H), contabilizada através do somatório das potências térmicas nominais das 2 caldeiras (230 kW e 230 kW), destinadas ao aquecimento central dos Edifícios G, H, no caso do Edifício B existem 3 caldeiras com 200 kW cada uma. Como tal, é recomendável que sejam efetuadas as referidas sugestões por parte da ADENE.

Relativamente ao DL 108/2007 que estabelece uma taxa sobre as lâmpadas de baixa eficiência energética, sendo que os tipos e modelos de lâmpadas de baixa eficiência energética sobre as quais incide a taxa são publicados pela portaria nº54/2008 de 18 de janeiro. Segundo esta portaria são consideradas lâmpadas de baixa eficiência energética as lâmpadas incandescentes, vapor de mercúrio em alta pressão sem iodetos metálicos, lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas de halogéneo. Sendo que a taxa sobre as lâmpadas de baixa eficiência energética apenas incide sobre as lâmpadas incandescentes (entre os 15 W a 200 W com tensão de funcionamento entre os 220 V e os 240 V) e vapor de mercúrio de alta pressão sem iodetos (entre os 50 W e os 1000 W). Sabendo que o ISEP possui apenas lâmpadas florescentes compactas; lâmpadas economizadoras compactas e lâmpadas led, como tal possui lâmpadas de baixa eficiência energética, segundo o decreto-lei nº 108/2007, no entanto segundo a referida portaria, a taxa sobre as lâmpadas de baixa eficiência energética incide, apenas, nas lâmpadas incandescente e vapor de mercúrio de alta

pressão sem iodetos, o que implica que não seja atribuída nenhuma penalização nesse caso.

Além destes requisitos legais energéticos é necessário ter em conta outros requisitos regulamentares, como por exemplo requisitos relacionados com documentos cujas disposições possam ser relevantes ou potencialmente relevantes para o desempenho do ISEP, por exemplo: acordos com autoridades públicas, normas e outros requisitos.

Para dar seguimento ao processo de certificação do ISEP, segunda a norma *NP EN ISO 50001*, é necessário que existam evidências do cumprimento de toda e qualquer legislação que seja aplicada ao ISEP em termos de legislação energética. Desta forma, na Tabela 3 apresentam-se os principais regulamentos aplicados ao ISEP.

Tabela 3 - Principais regulamentos aplicados ao ISEP.

| Requisitos Legais | Identificação da legislação aplicável |
|---|--|
| Regulamentação do SGCIE – Sistemas de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia | Lei nº7/2013, de 22 de Janeiro |
| | Portaria nº320-D/2011 de 30 de Dezembro |
| | Decreto-lei nº319/2009, de 3 de Novembro |
| | Portaria nº 1530/2008, de 29 de Dezembro |
| | Despacho nº 17449/2008, de 27 de Junho |
| | Despacho nº 17313/2008, de 26 de Junho |
| | Portaria nº 519/2008, de 25 de Junho |
| Regulamentação do SCE – Sistema de Certificação energética dos Edifícios | Decreto-lei nº71/2008, de 15 de Abril |
| | Portaria nº66/2014 de 12 de Março |
| | Portaria nº353-A/2013 de 4 de Dezembro |
| | Despacho nº 15793-C-L/2013, de 3 de Dezembro |
| | Portaria nº349-C/2013 de 2 de Dezembro |
| | Portaria nº349-D/2013 de 2 de Dezembro |
| | Portaria nº349-A/2013 de 29 de Novembro |
| | Portaria nº349-B/2013 de 29 de Novembro |
| | Decreto-lei nº118/2013, de 20 de Agosto |
| | Lei nº58/2013, de 20 de Agosto |

Como tal o ISEP deve ir de encontro ao abrigo do SGCIE, tendo em curso um ARCE (Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia), resultante das Auditoria Energética e do PReN (Planos de Racionalização dos Consumos de Energia), tendo em conta um ano de referência. Para efeitos do SGCIE foram englobados a totalidade dos consumos de energia da instalação do ISEP de acordo com o decreto-lei.

Os edifícios existentes no ISEP para além de estarem incluídos no âmbito do SGCIE, encontram-se, ainda, ao abrigo do Sistema de Certificação Energética (SCE), decretos de lei n.º 79/2006 e nº 78/2006 de 4 de Abril, que agora que inclui num único diploma os três regulamentos.

6.5. Levantamento do tipo de aparelhagem instalada

Inicialmente houve a necessidade de realizar um levantamento dos diagramas unifilares dos quadros eléctricos e a respetiva aparelhagem (disjuntores, interruptores de corte geral e diferenciais), em formato de *AUTOCAD* 2011 dos Edifícios B, G e H. Além disso foi necessário saber quais os tipos de cabos que estabelecem a ligação entre o PT e os respetivos edifícios em estudo (edifício B, G e H), como tal apresenta-se na Tabela 4 as distâncias e o tipo de cablagem associadas a cada edifício.

Tabela 4 - Distâncias e tipo de cablagem associado a cada edifício do ISEP.

| Edifícios/departamento | Dist (km) | Tipo de Cablagem |
|------------------------|-----------|------------------|
| Edifício B | 0,085 | XV-3x185+1x95 |
| GRAQ Edifício G Piso 1 | 0,155 | XV-5G10 |
| Edifício H | 0,115 | VAV-3x50+1x25 |
| Edifício G | 0,155 | VAV-3x35+1x16 |

Posteriormente às várias visitas realizadas aos quadros eléctricos de cada edifício foi efetuado o levantamento do tipo de aparelhagem (disjuntores, interruptores tetra polares e diferenciais), assim como o diagrama unifilar em formato de *Autocad* 2011.

6.6. Avaliação energética

A análise do uso e consumo de energia visa classificar os tipos de energias utilizadas e também quantificar os respetivos consumos de energia através da análise de faturas de energia eléctrica, faturas do gás natural e através das leituras dos respetivos contadores de energia e consequente registo num ficheiro Excel.

Nesta fase da avaliação energética, é necessário obter informações relativas ao fluxo de energia dos sistemas de energia afetos ao ISEP em questão, identificando as fontes de energia utilizadas (eletricidade e gás natural) e os tipos de equipamentos associados, responsáveis pelo consumo de energia, além disso, segundo a norma, está previsto a realização de uma avaliação à utilização da energia (ex.: iluminação, sistemas de AVAC, ar comprimido, operação de equipamentos) e o consumo de energia (quantidade de energia aplicada) atual e referente ao passado (últimos 3 anos).

Inicialmente houve a necessidade de realizar uma visita às infraestruturas do ISEP, de forma a conhecer os principais sistemas de energia associados, assim como perceber quais os tipos de equipamentos existentes e as suas particulares,

nomeadamente a chapa de característica de cada equipamento (potência, nº de horas de operação, fator de potência, etc.), e as características dos sistemas de refrigeração e aquecimento, sistemas de iluminação.

De forma a simplificar o funcionamento do ISEP, elaborou-se um diagrama de fluxo dos processos do nosso instituto politécnico, como se pode constatar. Os diagramas de fluxo de processo ajudam a expor os principais equipamentos associados aos sistemas de energia. A Figura 41 apresenta as etapas dos processos do Edifício G e as entradas de energia associados a cada uma das etapas.

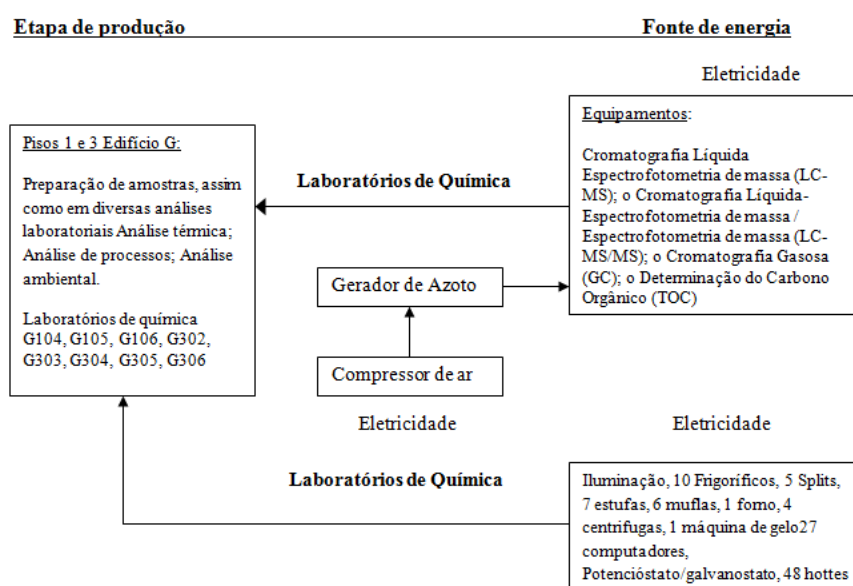


Figura 41 - Diagrama de fluxo dos processos do edifício G

Os Laboratórios dos pisos 1 e 3 do edifício G utilizam o azoto para preparação de amostras, uma vez que corresponde a um gás não reativo que pode ser utilizado nessa preparação de amostras. Além disso, o azoto é utilizado nas diversas análises laboratoriais das quais se podem destacar:

- Cromatografia Líquida-Espectrofotometria de massa (LC-MS);
- Cromatografia Líquida-Espectrofotometria de massa / Espectrofotometria de massa (LC-MS/MS);
- Cromatografia Gasosa (GC);
- Determinação do Carbono Orgânico (TOC), etc.

Os laboratórios do Grupo de Reações e Análises Químicas (GRAQ) utilizam ainda espectrofotómetros associados à espectrometria molecular e atómica, potenciostato/galvanostato relacionados com a eletroquímica, entre outros.

O 2º piso do Edifício G é composto por 22 gabinetes de docentes, 1 auditório (G201) e 2 salas de aula (G202 e G203). Existe ainda uma *Rooftop* modelo *DAIKIN UATY Q 350CY1*, responsável pelo aquecimento, ventilação, arrefecimento das salas G201, G203 e G203.

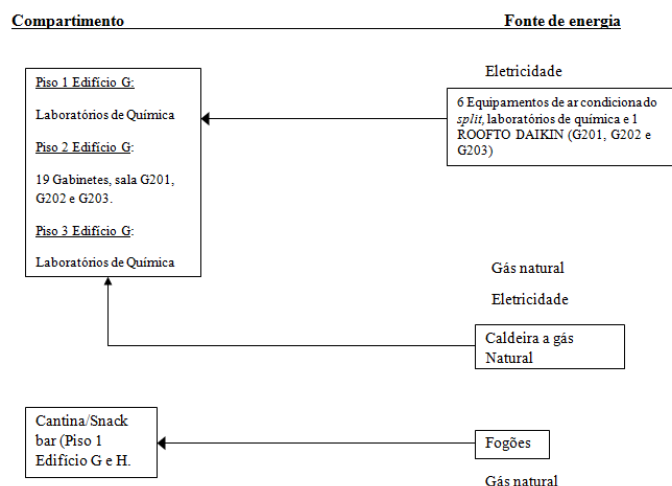


Figura 42 - Diagrama de fluxo dos processos do edifício G

Nas Tabela 5 e Tabela 6 mostra-se de forma simplificada e abrangente, os sistemas de energia utilizados pelos edifícios B e H, nomeadamente as fontes de energia utilizadas e a localização dos mesmos.

Tabela 5 - Fontes de energia e tipo de equipamentos associados ao edifício B

| FONTES DE ENERGIA | TIPO DE EQUIPAMENTOS | ZONA |
|-------------------|---|---|
| Energia elétrica | Iluminação | Salas de aula, auditórios, laboratórios de Informática Gabinetes, Zona de serviços comuns |
| | 4 <i>SPLITS</i> | Salas B311, B312, B404 e sala gabinete técnico e direção |
| | 1 Elevador | Zona de serviços comuns |
| | 1 <i>Chiller</i> (3 ventiloconvetores-inoperacionais) | Salas B306, B307 e B308 |
| | 5 Unidades compactas por condutas | Auditórios (B202, B203, B301 e B303 e B401) |
| Gás Natural | Caldeiras (aquecimento através dos radiadores) | Salas de aula, auditórios, laboratórios de Informática |
| | | Gabinetes |

A Tabela 5 e a Tabela 6 estão associadas aos equipamentos do edifício B e G, respetivamente.

Tabela 6 - Fontes de energia e tipo de equipamentos associados ao edifício H

| FONTES DE ENERGIA | TIPO DE EQUIPAMENTOS | ZONA |
|-------------------|--|--|
| Energia eléctrica | Iluminação | Salas de aula, auditórios, laboratórios de Informática Gabinetes, Zona de serviços comuns |
| | 2 SPLITs (inoperacionais) | Sala do posto médico |
| | 1 Elevador (inoperacional) | Zona de serviços comuns |
| | 1 Unidades compactas por condutas | Auditório H202 |
| Gás Natural | Caldeiras (aquecimento através dos radiadores) | Salas de aula, auditórios, laboratórios de Informática |
| | Cantina/snack-bar (fogões) | Gabinetes |

O 5º piso do edifício H é composto por gabinetes e 4 laboratórios de física experimental/termodinâmica, consoante o semestre. Os laboratórios são essencialmente compostos por bancadas com fontes de corrente, osciloscópios e discos de fogão modelo FA7 utilizados para analisar a capacidade térmica mássica de líquidos e sólidos, calibração de um termopar, condutividade térmica de um isolante, entre outros.

Nos anexos [A](#), [B](#) e [C](#) apresenta-se de forma mais detalhada todos os equipamentos existentes nos edifícios B, G e H, respetivamente e as suas respectivas características técnicas, incluindo modelo, potências nominais, nº de horas de operação e localização.

6.6.1. Avaliação do uso e consumo atual e passado do ISEP

Para a análise dos consumos de energia eléctrica foi fundamental recolher e registar os dados das faturas de eletricidade da EDP (2012, 2013, 2014 e 2015), nomeadamente a energia ativa, reativa, fator de potência, tarifário e os custos mensais associados. Através das faturas da EDP gás natural (2012, 2013, 2014 e 2015), desenvolveu-se um registo do caudal consumido em m³ do gás natural e o consumo correspondente em kWh.Na.

Tabela 7, está presente o tarifário de eletricidade do ISEP relativo à análise dos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015.

Tabela 7 - Tarifário de energia eléctrica do ISEP (faturas de eletricidade do ISEP).

| | 2012 | 2013-2014-2015 |
|------------------------------|------------------------------------|--|
| Grau de Utilização | Médias Utilizações | Longas utilizações |
| Tarifário do contrato | MTB-Médias UT | Energias+Redes MT |
| Ciclo Horário | FER-Ciclo Semanal c/feriados | FER-Ciclo Semanal c/feriados |
| Tipo de tarifa | Tetra horária (Vazio; Super vazio; | Tetra horária (Vazio; Super vazio; Cheias e Ponta) |

Cheias e Ponta)

Comercializador

EDP Serviço Universal

EDP Comercial-Comercialização de Energia S.A.

Como se pode constatar através da análise do tarifário do ISEP, a tarifa contratada em média tensão (MT) possui um grau de utilização atual correspondente a longas utilizações.

No caso do ISEP, que possui um ciclo semanal com feriados (Tabela 8), os feriados nacionais são considerados como períodos de vazio nas opções tetra-horárias de MT segundo a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). Para o ciclo diário não existe distinção entre os dias úteis e os fins-de-semana.

Tabela 8 - Ciclo semanal opcional para os clientes em MT (ERSE).

| Hora legal de Inverno | Hora legal de Verão |
|--|--|
| Segunda-feira a sexta-feira | Segunda-feira a sexta-feira |
| Ponta: 17.00/22.00 h | Ponta: 14.00/17.00 h |
| Cheias: 00.00/00.30 h 07.30/17.00 h 22.00/24.00 h | Cheias: 00.00/00.30 h 07.30/14.00 h 17.00/24.00 h |
| Super vazio: 02.00/06.00 h | Super vazio: 02.00/06.00 h |
| Vazio normal: 00.30/02.00 h 06.00/07.30 h | Vazio normal: 00.30/02.00 h 06.00/07.30 h |
| Sábado | Sábado |
| Cheias: 10.30/12.30 h 17.30/22.30 h | Cheias: 10.00/13.30 h 19.30/23.00 h |
| Super vazio: 03.00/07.00 h | Super vazio: 03.30/07.30 h |
| Vazio normal: 00.00/03.00 h 07.00/10.30 h 12.30/17.30 h 22.30/24.00 h | Vazio normal: 00.00/03.30 h 07.30/10.00 h 13.30/19.30 h 23.00/24.00 h |
| Domingo | Domingo |
| Super vazio: 04.00/08.00 h | Super vazio: 04.00/08.00 h |
| Vazio normal: 00.00/04.00 h 08.00/24.00 h | Vazio normal: 00.00/04.00 h 08.00/24.00 h |

No tarifário é necessária incluir ainda a distinção dos dois períodos de hora legal:

Tabela 9 - Verão - período II e III e Inverno – Período I e IV (ERSE).

| Período | Duração |
|---------|--------------------------|
| I | 1 Janeiro – 31 de Março |
| II | 1 Abril – 30 de Junho |
| III | 1 Julho – 30 de Setembro |
| IV | 1 Outubro – 31 Dezembro |

Enquanto os períodos II e III correspondem ao Verão; os períodos I e IV correspondem ao Inverno.

6.6.2. Tarifário de Gás natural ISEP

O tarifário do ISEP relativo ao gás natural corresponde ao 4º escalão, com um consumo anual de gás superior aos 10000 m³ anuais. As faturas de energia do ISEP,

além de ilustrarem o tarifário da empresa, possibilitam ter acesso aos consumos do presente e do passado da organização, na falta de existência de analisadores de energia. Em termos de analisadores de energia, apenas existem os contadores gerais de energia elétrica e do gás natural, sendo que estes, simplesmente monitorizam o valor acumulado da energia ativa. Assim, a avaliação do consumo do passado e do presente da organização foi baseada, tendo em conta as faturas de energia (gás eletricidade), os contadores existentes, e foi necessário recorrer a analisadores de energia para monitorizar e analisar os consumos afetos a cada edifício (B, G e H).

Através da análise das faturas de energia efetuou-se o registo dos consumos de energia numa folha de cálculo Excel ativa para as horas de vazio, super vazio, cheias e pontas, assim como foi possível registar os consumos correspondentes ao consumo de gás natural em m³ e kWh. Na Tabela 10 estão presentes os consumos de energia ativa (kWh), potência contratada registados através das leituras realizadas aos contadores de energia elétrica do ano de 2015.

Tabela 10 - Consumos de energia elétrica do ano de 2015

| Mês | Período | | Energia elétrica (kWh) | | | | | Total fatura | Potência contratada (kW) |
|--------------|------------|------------|------------------------|-------------|-------------|--------------|---------|--------------|--------------------------|
| | De | A | Vazio normal | Super vazio | Horas ponta | Horas Cheias | Total | | |
| Janeiro | 2015-01-27 | 2015-02-26 | 42034 | 20846 | 45538 | 105021 | 213439 | 31658,31 | 669 |
| Fevereiro | 2015-02-27 | 2015-03-26 | 36091 | 20860 | 55210 | 123501 | 235662 | 35290,07 | 669 |
| Março | 2015-03-27 | 2015-04-26 | 31565 | 17728 | 48923 | 108618 | 206834 | 31206,58 | 669 |
| Abril | 2015-04-27 | 2015-05-26 | 38512 | 18529 | 27307 | 106903 | 191251 | 28639,72 | 669 |
| Maio | 2015-05-27 | 2015-06-26 | 33745 | 18086 | 28519 | 115949 | 196299 | 29448,15 | 669 |
| Junho | 2015-06-27 | 2015-07-26 | 37857 | 19328 | 27020 | 114586 | 198791 | 29608,73 | 669 |
| Julho | 2015-07-27 | 2015-08-26 | 38973 | 20574 | 33031 | 135297 | 227875 | 34076,27 | 669 |
| Agosto | 2015-08-27 | 2015-09-26 | 28559 | 16840 | 19475 | 80510 | 145384 | 21407,34 | 669 |
| Setembro | 2015-09-27 | 2015-10-26 | 31042 | 17604 | 25367 | 106922 | 180935 | 27054,07 | 687 |
| Outubro | 2015-10-27 | 2015-11-26 | 28184 | 15867 | 28958 | 119292 | 192301 | 29028,62 | 662 |
| Novembro | 2015-11-27 | 2015-12-26 | 38341 | 20239 | 56618 | 127637 | 242835 | 34491,84 | 662 |
| Dezembro | 2015-12-27 | 2016-01-26 | 38615 | 18190 | 42652 | 97939 | 197396 | 27850,21 | 662 |
| Total | | | 423518 | 224691 | 438618 | 1342175 | 2429002 | 359759,91 | 668,75 |

Através destes registos foi possível traçar gráficos que demonstram de uma forma mais simples a evolução dos consumos no ISEP ao longo dos últimos quatro anos.

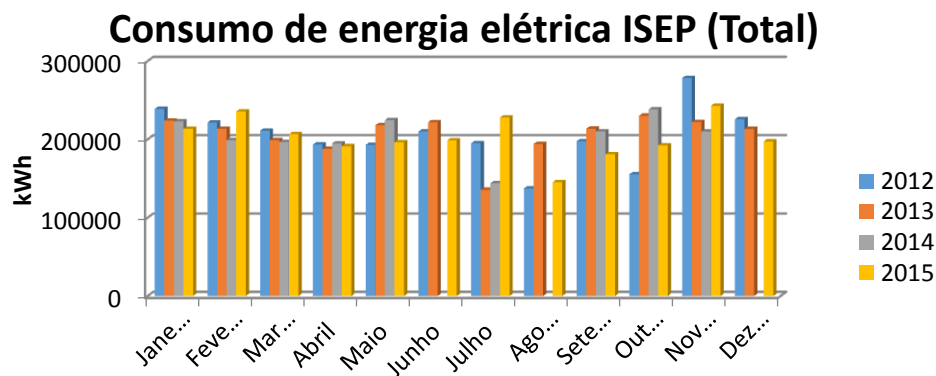


Figura 43 - Consumo de energia eléctrica total ao longo desde de 2012 a 2015

Segundo a Figura 43, pode-se constar que no ISEP não existe grande variação de consumos de energia eléctrica ao longo dos últimos quatros anos. Além disso, os consumos mensais mantêm-se praticamente inalteráveis, com a excepção dos meses de julho e Agosto.

6.6.3. Evolução da potência contratada (2014, 2015)

Na Figura 44 apresenta-se a evolução da potência contratada no ISEP.

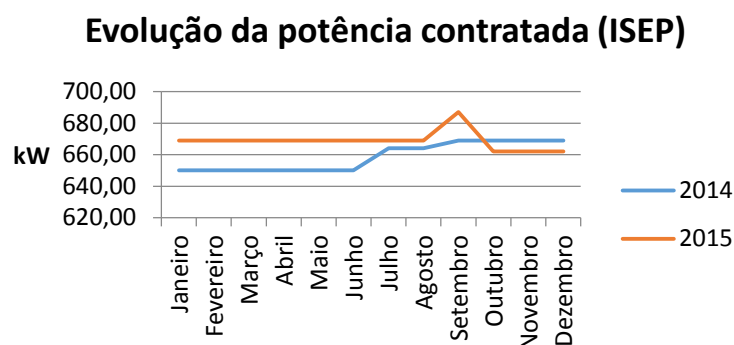


Figura 44 - Evolução da potência contratada no ISEP ao longo dos anos de 2014 e 2015

Pela análise do gráfico pode observar-se que ocorreu um aumento da potência contratada na passagem do ano de 2014 para o ano de 2015, sendo que no mês de Setembro de 2015 até ao fim do ano, verificou-se um ligeiro decréscimo da potência contratada.

6.6.4. Energia reativa (kvarh) e fator de potência

A energia reativa a cobrar, pelo comercializador de energia, possui 3 escalões, que estão expostos na Tabela 11, ou seja: escalão 1, 2 e 3 e os respetivos fatores multiplicativos.

Tabela 11 - Escalões de energia reativa (ERSE).

| Escalão | Descrição | Fator multiplicativo |
|---------|-------------------------------------|----------------------|
| I | Para $0.3 \leq \text{tg}\phi < 0.4$ | 0,33 |
| II | Para $0.4 \leq \text{tg}\phi < 0.5$ | 1 |
| III | Para $\text{tg}\phi \geq 0.5$ | 3 |

Quanto maior for o escalão, naturalmente maior será a taxa a ser cobrada por parte do comercializador, em termos de consumo de energia reativa. Além destes escalões, é necessário ter em conta a energia reativa fornecida durante as horas de vazio (vazio e super vazio), que também é cobrada pelo comercializador.

A análise das faturas de energia elétrica permitiu ter um conhecimento dos custos inerentes ao consumo e fornecimento de energia reativa e do fator de potência total de cada edifício.

O fator de potência é de enorme importância numa instalação industrial, fundamentalmente pelo cariz económico da sua penalização na fatura elétrica, mas também pela qualidade de serviço na instalação. A ERSE, como entidade reguladora, designa quais são os limites mínimos de fator de potência ($\cos \phi$).

Em 2012, a energia reativa fora das horas de vazio, sofria uma taxa de penalização, sempre que $\text{tg} \phi$ fosse superior 0,4 mas atualmente, o consumo de energia reativa sofre uma maior penalização, ou seja, existe uma maior exigência no consumo da energia reativa e neste caso esta energia reativa será cobrada por escalões sempre que $\text{tg} \phi$ superior a 0,3 [23].

Segundo as faturas de energia elétrica, o ISEP apresenta um fator de potência total de 0,99. Neste caso o ISEP optou por realizar uma compensação total em detrimento da compensação parcial, visto ser uma solução economicamente mais vantajosa, devido ao facto do investimento focar-se apenas numa única bateria de condensadores para toda a instalação do ISEP. Neste momento, o ISEP possui um compensador automático do fator de potência de 1250 kvar.

6.6.5. Custos totais da energia reativa

Na Tabela 12 encontram-se os custos associados ao consumo de energia reativa (kvarh).

Tabela 12 - Consumo de energia reativa (kVArh) durante o ano de 2015

| Mês | Reativa | | | | | |
|-----------|-----------|----------|--------|----------|-----------|--------|
| | Consumida | | | | Fornecida | |
| | Esc. 1 | Esc. 2 | Esc. 3 | Valor | Kvarh | Total |
| Janeiro | 15,60 | | | 0,13 € | 8,00 | 0,15 € |
| Fevereiro | | | | | 21,00 | 0,41 € |
| Março | | | | | 4,00 | 0,08 € |
| Abril | 87,00 | | | 0,76 € | 5,00 | 0,10 € |
| Maio | | | | | 4,00 | 0,08 € |
| Junho | 640,73 | 638,73 | 239,63 | 41,28 € | 20,00 | 0,39 € |
| Julho | 837,10 | 498,73 | 152,63 | 33,07 € | 32,00 | 0,33 € |
| Agosto | 277,03 | 254,28 | 19,63 | 10,65 € | 13,00 | 0,26 € |
| Setembro | 553,53 | 550,03 | 159,13 | 31,85 € | 6,00 | 0,12 € |
| Outubro | 370,05 | 370,05 | 179,75 | 27,13 € | 11,00 | 0,22 € |
| Novembro | 564,00 | 515,00 | 174,00 | 32,18 € | 17,00 | 0,33 € |
| Dezembro | 228,00 | 169,00 | 5,00 | 14,24 € | 398,00 | 7,84 € |
| Total | 3.573,04 | 2.995,82 | 929,77 | 191,29 € | 539,00 | 10,31 |

Os custos totais da energia reativa, apresentados na tabela 10, foram obtidos através da faturas de energia elétrica pela soma dos 3 escalões de energia reativa e da energia reativa fornecida nas horas de vazio.

Pela análise da Tabela 12, salienta-se o facto do valor pago pela empresa, em termos de energia reativa ser residual devido à existência do referido compensador automático de energia reativa de 1250 kvar.

6.6.6. Gás Natural

Na Figura 45, as letras dentro dos círculos representam as localizações dos edifícios do ISEP, os quadrados vermelhos com número representam os locais onde estão instaladas as caldeiras a gás natural e, os traços a negro indicam os edifícios que as caldeiras servem. No local assinalado como “1” das caldeiras, existem 2 caldeiras que abastecem ambos os edifícios G e H, no local assinalado como “4” existem 3 caldeiras a abastecer o edifício F, no local assinalado como “3” existe 1 caldeira a abastecer o edifício E. Por fim, no local assinalado como “2” existem 9 caldeiras, com as seguintes funções:

- 3 Caldeiras abastecem o edifício B;

- 2 Caldeiras abastecem o edifício L;
- 2 Caldeiras abastecem ambos os edifícios I e J;
- 2 Caldeiras abastecem ambos os edifícios C e D.

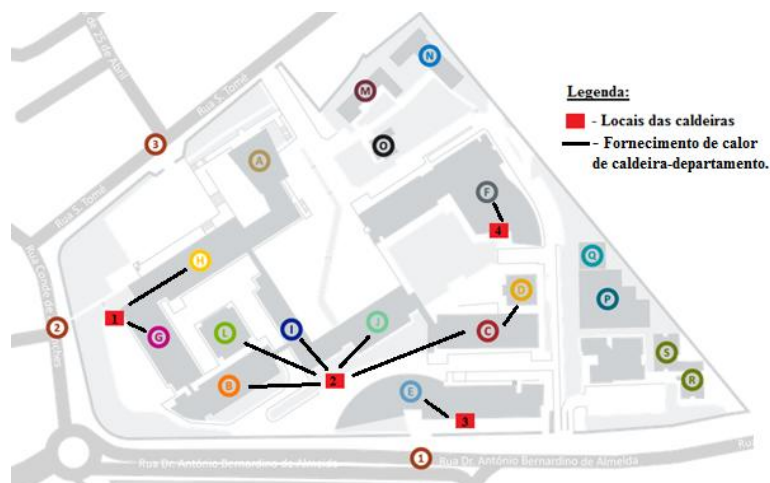


Figura 45 - Locais onde estão instaladas as caldeiras a gás natural no ISEP e edifícios que servem.

Os restantes edifícios estão equipados com unidades de ar condicionado ou outros sistemas de aquecimento diferentes (ver lista de equipamentos). As caldeiras responsáveis pelo aquecimento central dos edifícios E, F e I abastecem água quente para as unidades de tratamento de ar (UTA) existentes, que distribuem sob a forma de ar quente através de condutas metálicas. O edifício E, F e I são compostos respetivamente por 5 UTAs; 6 UTAs, 3 UTAs. As restantes caldeiras destinam-se a enviar a água quente para os radiadores e outros equipamentos que aquecem as divisões.

6.6.7. . Aquecimento central dos edifícios G e H.

Na Tabela 13 estão identificadas as características das caldeiras a gás natural dos edifícios G e H e os respetivos queimadores de gás.

Tabela 13 - Características das caldeiras dos edifícios G e H.

| Características | Caldeira | Queimador |
|-----------------|-----------|--------------|
| Marca | ROCA | ROCA |
| Modelo | 2xCPA 250 | 2xTECNO 28-G |
| Potência (kW) | 250 | 81-163 |
| Combustível | - | Gás natural |

Neste caso, existem 2 caldeiras/queimadores responsáveis pelo aquecimento central dos edifícios G e H, sendo que apenas um grupo é ligado para o aquecimento

destes edifícios, durante um certo período por semana, após este período estimado é ligado o outro grupo até ao final da semana.

No caso do edifício B existem 3 caldeiras que funcionam de forma intercalar no aquecimento central do mesmo com as seguintes características:

Tabela 14 - Características das caldeiras do edifício B.

| Características | Caldeira | Queimador |
|-----------------|-----------|--------------|
| Marca | ROCA | ROCA |
| Modelo | 3xCPA 200 | 3xTECNO 28-G |
| Potência (kW) | 200 | 81-163 |
| Combustível | - | Gás natural |

Na Figura 46 apresenta-se a imagem representativa do conjunto caldeira/queimadores.



Figura 46 - Conjunto caldeira/queimador dos edifícios G e H.

A distribuição destas caldeiras, bem como a sua respetiva potência nominal é apresentada na Tabela 15.

Tabela 15 - Caldeiras instaladas no ISEP e correspondentes potências nominais.

| Edifícios | Potência nominal (kW) |
|-----------|-----------------------|
| G e H | 230 + 230 |
| B | 200 + 200 + 200 |
| L | 200 + 200 |
| I | 250 |
| J | 250 |
| C | 100 |
| D | 100 |
| E | 450 |
| F | 235 + 235 + 235 |

Os equipamentos emissores de calor existentes nas instalações do ISEP, que partilham o calor gerado pelas caldeiras ligadas ao sistema de aquecimento central, são: radiadores e termo ventiladores. A regulação térmica dos equipamentos é realizada manualmente. O ISEP utiliza o aquecimento central das caldeiras apenas

durante os meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Outubro, Novembro e Dezembro. Durante os restantes meses, as caldeiras são desligadas.

Segundo os registos de consumo energético do ISEP em 2015, presentes nas faturas mensais, o consumo de gás natural foi de cerca de 58481,5 m³.

Os dados relativos ao consumo de gás natural do ISEP foram adquiridos através do registo numa folha de cálculo (Excel), obtida a partir das leituras efetuadas aos diversos contadores de gás.

Consumo de gás natural ISEP

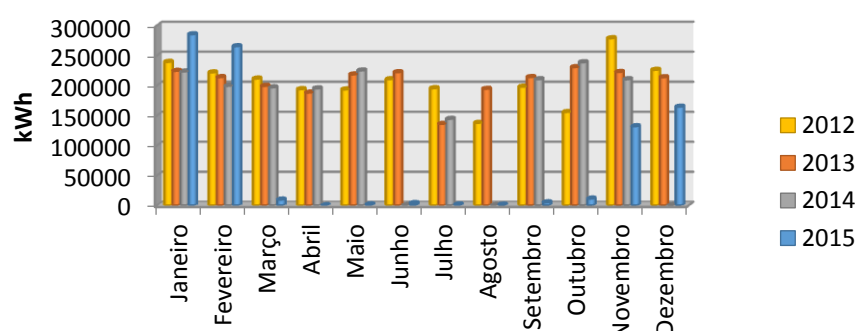


Figura 47 - Consumo de gás natural total ao longo desde de 2012 a 2015

Para obter-se o consumo de gás natural total expresso na Figura 47, foi necessário recorrer à soma dos consumos associados a cada contador de gás natural existente no ISEP. Na Tabela 16, apresentam-se os contadores existentes no ISEP, assim como o código de identificação do local e o consumo correspondente ao ano de 2015.

Tabela 16 - Contadores de gás natural existentes no ISEP (2015)

| CIL | Contador | Consumo (2015) | |
|---------------|--------------------|----------------|--------|
| | | m ³ | KWh |
| 0 000 698 192 | 75035250 | 12.845 | 203448 |
| 0 000 698 215 | 4087477 | 4 | 63 |
| 0 002 413 363 | 5124247 | 8.315 | 121990 |
| 0 002 223 936 | 201160006502000000 | 25.472 | 378479 |
| 0 002 223 947 | 5107455 | 8.775 | 128425 |

O consumo de gás no contador 5124247, correspondente às caldeiras responsáveis pelo aquecimento dos edifícios G e H, aumentou nos últimos três anos, especialmente de 2013 para 2014. Este aumento é devido à entrada em funcionamento do edifício G, que tinha estado em obras no período de 2012 a Dezembro de 2013 e que anteriormente às obras não tinha aquecimento centralizado.

Desde o mês de Abril até Outubro, o valor a pagar é, sobretudo, devido à taxa de ocupação de solo que é aplicado ao contador, não tendo havido consumo nesse intervalo mensal.

O consumo de gás natural no contador 201160006502000000000, correspondem às caldeiras responsáveis pelo aquecimento dos edifícios B, L, I, J, C e D, sendo o que apresenta um maior consumo, devido ao facto de ser responsável pelo aquecimento central de seis edifícios.

O consumo de gás no contador 5107455 corresponde ao consumo de gás natural realizado por parte da cantina ITAU. Os consumos de gás natural nos contadores 75035250 e 4087477 correspondem às caldeiras responsáveis pelo aquecimento dos edifícios F e E respetivamente.

6.6.8. Distribuição das fontes de energia no ISEP

Na Figura 48 apresenta-se a estrutura de consumos das fontes de energia do ISEP.

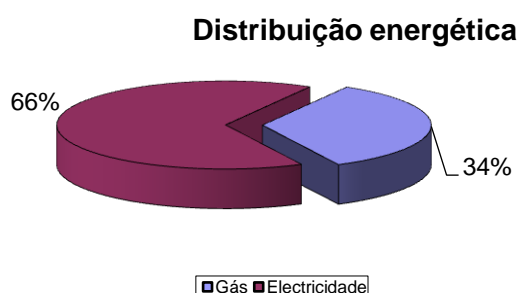


Figura 48 - Estrutura de consumos das fontes de energia do ISEP

Pela análise da Figura 48 constata-se que o consumo de eletricidade corresponde, aproximadamente a 2/3 do consumo total de energia.

Na Figura 49 apresenta-se os custos associados a cada fonte de energia.

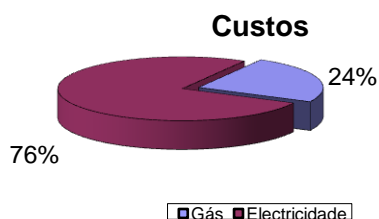


Figura 49 - Custos associados a cada fonte de energia.

Na distribuição de custos, representada na Figura 49, depreende-se que os custos com a energia eléctrica correspondem a 3/4 dos custos totais associados às fontes

de energia do ISEP. Além disso verifica-se que o preço do kWh relativo à energia elétrica é mais acentuado comparativamente com o preço do kWh relativo ao gás natural.

No âmbito do sistema de gestão consumidora intensiva de energia que se aplica às instalações que no ano civil anterior tenham tido um consumo energético superior a 500 tep/ano. Neste seguimento, utilizou-se o despacho nº 17313/2008, que estabelece os valores dos fatores de conversão para tep e CO₂ equivalente, para determinar, assim, os consumos anuais em tep, por parte da empresa. Segundo este despacho a conversão considera o rendimento elétrico médio ($\eta_{\text{eléctrico}}$) das centrais termoelétricas que consomem combustíveis fósseis. Nestes termos, a conversão de kWh de energia elétrica para tep é dada pela fórmula:

$$\text{Energia eléctrica} \left(\frac{\text{tep}}{\text{kWh}} \right) = \frac{\eta_{\text{eléctrico}}}{86 \times 10^{-6}}$$

Para efeitos deste despacho e de acordo com o anexo II da diretiva 2006/32/CE, o valor de $\eta_{\text{eléctrico}}$ é igual a 0,4, pelo que $1 \text{ kWh} = 215 \times 10^{-6} \text{ tep}$.

Relativamente aos gases líquidos e gasosos foram utilizados os Poderes Caloríficos Inferiores (PCI) expresso em Tonelada Equivalente Petróleo (tep) da tabela 1 do referido despacho, considerando os valores mais desfavoráveis, ou seja com maior PCI.

Para outros combustíveis primários sólidos, líquidos ou gasosos não referidos explicitamente na tabela do ponto anterior e aos quais estes também não possam ser equiparados, é usada a seguinte expressão que transforma o valor do (PCI) do combustível de MJ/kg para tep/t.

$$PCI(\text{tep/t}) = \frac{PCI \text{ (MJ/kg)}}{41,868}$$

Para a obtenção da Tabela 17, foi necessário converter todas as fontes de energia existentes (eletricidade e gás natural), relativamente ao ano de 2015 em tep/ano. Na tabela 15 estão expostos os consumos totais de em tonelada equivalente de petróleo para o ano de 2015, considerando toda a instalação.

Tabela 17 - Consumos totais de em tonelada equivalente de petróleo para o ano de 2015.

| 2015 | |
|--------------------|-----|
| Eletricidade (Tep) | 522 |
| Gás natural (Tep) | 189 |

Neste caso o ISEP apresenta um consumo de tonelada equivalente de petróleo total de 711 tep/ano para o ano de 2015. Sendo assim estamos perante um consumidor intensivo de energia, pois no ano de 2015 obteve-se um valor superior a 500 tep/ano.

6.7. Identificação de áreas com consumo significativo de energia

A identificação das instalações, equipamentos, sistemas e processos de energia que afetam significativamente o uso e consumo de energia, permitem que uma organização se concentre num limitado número de sistemas de energia, para melhorar e manter um ótimo desempenho nesses sistemas críticos, retirando um maior proveito dos seu recursos existentes.

Estes itens associados às utilizações de energia significativa são importantes, pois são considerados e incluídos no estabelecimento de objetivos energéticos, metas e planos de ação. Além disso devem ser, também, considerados no controlo operacional e no plano de monitorização.

Para determinar a quantidade de energia consumida pelos equipamentos afetos à organização, é fundamental compreender a forma como os de sistemas de energia da organização são utilizados, assim como calcular a quantidade estimada de energia consumida por esses sistemas de energia [24].

Para determinar o consumo anual de energia estimado dos diferentes sistemas de energia, procedeu-se ao cálculo estimado da energia anual consumida por cada equipamento, tendo em conta a potência nominal dos equipamentos e o número de horas de operação. Como tal, foram recolhidas, de uma forma detalhada, as características principais dos equipamentos da organização, nomeadamente a potência nominal, o número de horas de operação, tipo de energia consumida, localização, fabricante e o ano de compra.

Tendo em conta a quantidade de equipamentos existentes, desenvolveu-se num ficheiro Excel uma lista dos principais sistemas de energia das instalações com os cálculos estimados da energia consumida durante um ano, sabendo que, no último ano, o ISEP funcionou durante 225 dias úteis.

Uma vez que existem diferentes fontes de energia, é essencial converter tudo na mesma unidade. Além desta lista de equipamentos, desenvolveram-se critérios para identificar as áreas de uso significativo de energia, com base no consumo energético.

Para avaliar os impactos significativos dos equipamentos no uso e consumo de energia utilizou-se uma metodologia baseada na classificação de dois critérios, como se pode constatar na Tabela 18.

Tabela 18 - Critérios utilizados para classificar os equipamentos associados às USE's

| Critério | Classificação | | | |
|---|---------------|-----------------|------------------|------------|
| | 1 | 3 | 5 | 9 |
| 1) Nº de horas de operação diárias | <2 Horas | ≥ 2 e < 8 horas | ≥ 8 e < 16 horas | ≥ 16 Horas |
| 2) Potência nominal dos equipamentos (kW) | <1Kw | ≥ 1 e < 5 kW | ≥ 5 e < 10 Kw | ≥ 10 Kw |

Nesta metodologia de avaliação dos impactos energéticos, foram tidos em conta dois critérios: o número de horas de operação e a respetiva potência nominal dos equipamentos. Ambos os critérios possuem o mesmo peso para o cálculo da pontuação final. Definiu-se que pontuação seria calculada com base no consumo de energia através da multiplicação do critério do nº de horas pela potência nominal respetiva, como se pode verificar na Tabela 19 (ANEXO A).

Tabela 19 - Método de cálculo da pontuação total atribuída a cada equipamento.

| Designação do equipamento | Critério 1 | Critério 2 | Critério 3 |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Classificação atribuída | Classificação atribuída | Classificação atribuída |
| | | | |
| | | | |

Para identificar a designação dos equipamentos relacionados com as Utilizações Significativas de Energia (USE), considerou-se que os equipamentos associados às USE's são os que apresentam uma pontuação total superior a 10.

A matriz dos equipamentos associados às USE's do Edifício B está representada na Tabela 20 seguintes.

Tabela 20– Matriz dos equipamentos associados às USE's do edifício B.

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Local | Un. i. | Tipo de energia | Capacidade nom. (W) | Operação (horas) | Critério 1 | Critério 2 | P |
|-------------------------------|----------------------------|-----------|--------|----------------------|---------------------|------------------|------------|------------|----|
| Caldeira | CPA 250 (ROCA) | | 3 | Gás Natural/elétrica | 232600 | >16 | 9 | 9 | 81 |
| Queimador | TECNO 28-G | | 3 | Gás Natural/elétrica | 163000 | >16 | 9 | 9 | 81 |
| Split | HSU-16G03 | B306 | 1 | Elétrica | 1620 | ≥ 8 e < 16 horas | 3 | 5 | 15 |
| Split | MIDEA MSX 24-RNI-Q28 | B311 | 1 | Elétrica | 7/7 (12 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |
| Split | MIDEA MSX 24-RNI-Q28 | B312 | 1 | Elétrica | 7/7 (12 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |
| Split | AIRWELL GC24RCZFR410 AW | B304 | 1 | Elétrica | 6.82/7.15 (10 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |
| Chiller | Carrier 30RH-050-B0663-PEE | Cobertura | 1 | Elétrica | 43.6/44.6 (34,7 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 9 | 3 | 27 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | B202 | 1 | Elétrica | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | B203 | 1 | Elétrica | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | B301 | 1 | Elétrica | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | B303 | 1 | Elétrica | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | B401 | 1 | Elétrica | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |

A matriz dos equipamentos associados às USE's do Edifício G está representada na Tabela 21 seguintes.

Tabela 21 - Matriz dos equipamentos associados às USE's do edifício G.

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Local | Un. i. | Tipo de energia | Capacidade nom. (W) | Operação (horas) | Crítéri o 1 | Crítéri o 2 | P |
|--|-------------------------|-----------|--------|-----------------------|---------------------|------------------|-------------|-------------|----|
| Caldeira | CPA 200 (ROCA) | G108 | 2 | Gás Natural/elétric a | 232600 | >16 | 9 | 9 | 81 |
| Queimador | TECNO 28-G | G108 | 2 | Gás Natural/elétric a | 163000 | >16 | 9 | 9 | 81 |
| Split | ELECTRA ONGIZRCR410FACL | G106A | 1 | Elétrica | 3630/4000 (4.2 A) | >16 | 3 | 9 | 27 |
| Estufa Secagem | TP | G106 | 1 | Elétrica | 1200 | >16 | 3 | 9 | 27 |
| Mufla | NABETHERM LT24/12/B108 | G106 | 1 | Elétrica | 4500 | ≥ 8 e < 16 horas | 3 | 5 | 15 |
| Liquid Chromatograph mass spectrometer | LCMS-8030 SHIMADZU | G105 | 1 | Elétrica | 3000 VA | >16 | 3 | 9 | 27 |
| Split | MSX24-RNI-Q28 | G105 | 2 | Elétrica | 7/7 (12) | ≥ 8 e < 16 horas | 5 | 5 | 25 |
| Split | SANYO SAP-CRYAEH | G105 | 1 | Elétrica | 2.64/2.75 (4 A) | >16 | 3 | 9 | 27 |
| COMPRESSOR | KAISER KCT 840-250ST | Cobertura | 1 | Elétrica | 4000 | >16 | 3 | 9 | 27 |
| Rooftop DAIKIN UATY Q 350CY1 | | Cobertura | 1 | Elétrica | 7920 | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |

A matriz dos equipamentos associados às USE's do Edifício H está representada na Tabela 22 seguintes.

Tabela 22 - Matriz dos equipamentos associados às USE's do edifício H.

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Local | Unidade | Tipo de energia | Capacidade nom. (W) | Operação (horas) | Critério 1 | Critério 2 | P |
|---------------------------|----------------|-------|---------|----------------------|---------------------|------------------|------------|------------|----|
| Caldeira | CPA 250 (ROCA) | G108 | 2 | Gás Natural/elétrica | 232600 | >16 | 9 | 9 | 81 |
| Queimador | TECNO 28-G | G108 | 2 | Gás Natural/elétrica | 163000 | >16 | 9 | 9 | 81 |

Em termos de instalações, processos e sistemas de energia, a metodologia utilizada para determinar os itens com consumo significativo é a mesma que foi utilizada para determinar os equipamentos com consumo significativo de energia, ou seja através da classificação, mas nestes casos apenas se utiliza um critério que é baseado apenas no consumo de energia.

6.7.1. Instalação

Na Tabela 23 encontra-se definida a metodologia para determinar as instalações com consumo significativo de energia.

Tabela 23 - Metodologia utilizada para determinar as instalações com consumo significativo de energia.

| Relativa à quantidade de energia consumida | Consumo de energia |
|--|----------------------|
| 1 | Baixa |
| 3 | Moderada |
| 5 | Elevada |
| 9 | Muito elevada |

Em termos de consumo de energia a instalação apresenta um consumo de 711 tep/ano, sendo considerada uma instalação com um consumo energético muito elevado, tendo em conta os critérios da tabela acima.

6.7.2. Sistemas de energia

Na Tabela 24 encontra-se definida a metodologia para determinar os sistemas de energia com consumo significativo de energia.

Tabela 24 - Metodologia utilizada para determinar os sistemas de energia com consumo significativo de energia.

| Relativa à quantidade de energia consumida | Consumo de energia |
|--|----------------------|
| 1 | Baixa |
| 3 | Moderada |
| 5 | Elevada |
| 9 | Muito elevada |

Os consumos de climatização utilizados para o aquecimento central do ISEP foram obtidos a partir das faturas de gás, já os consumos de energia elétrica relativos aos equipamentos utilizados para arrefecimento foram adquiridos através dos

catálogos das marcas dos respetivos equipamentos utilizados para refrigeração e ajustados para o número de horas de funcionamento estimado, através dos horários das aulas, excluindo o período de Agosto.

Tabela 25 - Consumo total real em termos de climatização arrefecimento para o edifício B.

| EDIFÍCIO B | Local | Pot. Nom. Térmica (kW) | Pot. Nom. Cons. (W) | Nº de horas anuais | Energia (kWh/ano) |
|------------------------------------|-----------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| MIDEA MSX 24-RNI-Q28 | B311 | 7/7 (12 A) | 2880 | 288 | 829,4 |
| MIDEA MSX 24-RNI-Q28 | B312 | 7/7 (12 A) | 2880 | 480 | 1382,4 |
| AIRWELL GC24RCZFR410 AW | B404 | 6.82/7.15 (10 A) | 2400 | 360 | 864,0 |
| CHILLER carrier 30RH-050-B0663-PEE | | 43.6/44.6 (34,7 A) | 13880 | 960 | 13324,8 |
| Unidade comp. Por cond. MOD 50QQ | Cobertura | B202 (17 kW) | 7406 | 288 | 2132,9 |
| Unidade comp. Por cond. MOD 50QQ | | B203 (17 kW) | 7406 | 120 | 888,7 |
| Unidade comp. Por cond. MOD 50QQ | | B301 (17 kW) | 7406 | 300 | 2221,8 |
| Unidade comp. Por cond. MOD 50QQ | | B303 (17 kW) | 7406 | 264 | 1955,2 |
| Unidade comp. Por cond. MOD 50QQ | | B401 (17 kW) | 7406 | 204 | 1510,8 |

No edifício B obteve-se um consumo total estimado de 25110,1 kWh anual, tendo em conta os equipamentos utilizados para a climatização em termos de arrefecimento. Para o aquecimento central deste edifício apenas são utilizadas as caldeiras/queimador e o *chiller* para as salas B306; B307 e B308, no entanto o *chiller*, neste momento encontra-se inoperacional.

No que diz respeito aos equipamentos de ar condicionado *split*, estes apenas são utilizados para a climatização em termos de arrefecimento dos espaços que lhes são afetos, tal como acontece nos edifícios G e H.

Tabela 26 - Consumo total real em termos de climatização arrefecimento para o edifício G.

| Edifício G | Loc. | Pot. nom. Térmica (kW) | Pot. nom. cons. (W) | Nº de horas anuais | Energia (kWh/ano) |
|--------------------------------|-----------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| ELECTRA ONGIZRCR410FACL | G106 | 3630/4000 (4.2 A) | 1008 | Inoperacional | |
| MSX24-RNI-Q28 | G105 | 7/7 (12) | 2880 | 5280 | 15206,4 |
| SANYO SAP-CRYAEH | G105 | 2.64/2.75 (4 A) | 960 | 5280 | 5068,8 |
| MIDEA M20D-18HPNI-Q (INVERTER) | G303 | 5.2/6 (7 A) | 1680 | 480 | 1612,8 |
| Rooftop DAIKIN UATY Q 350CY1 | Cobertura | 34.79/35.58 | 7920 | 360 | 2851,2 |

No edifício G obteve-se um consumo total estimado de 24739,2 kWh anual, tendo em conta os equipamentos utilizados para a climatização em termos de arrefecimento.

No que diz respeito ao edifício H apenas existe uma unidade compacta por condutas com o modelo 48SX6U23 para o anfiteatro H202, sendo que não existe nenhum horário escolar, pois neste caso o anfiteatro serve apenas para a utilização de eventos privados. O consumo anual estimado de energia elétrica é de 19,2 kWh. Para ter um valor exato em termos de consumo energético é necessário utilizar analisadores de energia para cada edifício, sendo que esta caracterização encontra-se no capítulo de monitorização de energia.

6.7.3. Sistema de AVAC

Na Tabela 27 encontra-se o consumo total estimado em termos de sistemas de climatização para os edifícios B; G e H.

Tabela 27 - Consumo total real em termos de climatização para os edifícios B, G e H.

| Sistema de energia | Utilização | Equipamentos | Local | Consumo (kWh/ano) | Consumo total (kWh/ano) | Relativa à quantidade consumida |
|--------------------|---------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Sistema AVAC | Aquecimento central | 3 Caldeiras | Edifício B, G e H | 185070 | 214147 | Muito Elevada |
| | Climatização | Ar condicionado (<i>SPLITS</i> e <i>rooftops</i> e <i>chiller</i>) | EDIFÍCIOS B,G e H | 29077 | | |

Para este caso considerou-se que o sistema de AVAC engloba o sistema de climatização por intermédios dos equipamentos de ar condicionado (*Splits*; *Rooftops* e *Chiller*) e o aquecimento central através das caldeiras a gás natural para os edifícios B; G e H.

6.7.4. Sistema de iluminação

Em termos de iluminação os consumos foram estimados com base no número de lâmpadas, na potência nominal e nas respetivas horas de funcionamento para atribuir a classificação relativa à quantidade de energia consumida, como se pode constatar na Tabela 28.

Tabela 28 - Consumo real em termos de sistemas de climatização Consumo total estimado em termos iluminação para os edifícios B, G e H.

| Instalação | Local | PISO | Tipo de lâmpadas | Nº de Lâmpadas | Potência (W) | Nº de horas | E. consumida (kWh)/dia | E. consumida (kWh)/ano | Total (kWh/ano) | Relativa à quantidade consumida |
|-------------------|-------|------|---------------------|----------------|--------------|-------------|------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------------|
| EDIFÍCIO H (HALL) | | 2º | Fluorescente T8 | 40 | 36 | 16 | 23,04 | 5667,84 | 17853,696 | Moderado |
| | | 3º | ORRAM DULUX COMPACT | 40 | 18 | 16 | 11,52 | 2833,92 | | |
| | | 4º | ORRAM DULUX COMPACT | 40 | 18 | 16 | 11,52 | 2833,92 | | |
| | | 5º | ORRAM DULUX COMPACT | 92 | 18 | 16 | 26,496 | 6518,016 | | |
| EDIFÍCIO G (HALL) | | GR | LED HIXTEK | 6 | 9 | 12 | 0,648 | 159,408 | 2745,36 | Baixa |
| | | AQ. | Fluorescente T8 | 6 | 58 | 12 | 4,176 | 1027,296 | | |
| | | 2º | LED HIXTEK | 28 | 9 | 16 | 4,032 | 991,872 | | |
| | | 3º | LED HIXTEK | 16 | 9 | 16 | 2,304 | 566,784 | | |
| EDIFÍCIO B (HALL) | | 1º | ORRAM DULUX COMPACT | 50 | 18 | 16 | 14,4 | 3542,4 | 14169,6 | Moderado |
| | | 2º | ORRAM DULUX COMPACT | 50 | 18 | 16 | 14,4 | 3542,4 | | |
| | | 3º | ORRAM DULUX COMPACT | 50 | 18 | 16 | 14,4 | 3542,4 | | |
| | | 4º | ORRAM DULUX COMPACT | 50 | 18 | 16 | 14,4 | 3542,4 | | |
| Total | | | | | | | | | 34768,656 | Elevado |

Na Figura 50 está presente a distribuição energética em termos de sistemas de energia (climatização; Iluminação e aquecimento central).

Estrutura de consumos dos Sistemas de energia



Figura 50 - Estrutura de consumos dos sistemas de energia no ano de 2015.

O aquecimento e iluminação representam mais de 90% dos consumos em termos de sistemas de energia.

6.8. Identificar, priorizar e registar oportunidades de melhoria

A identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético é uma fonte vital de informação para o planeamento de gestão energético. Estas oportunidades de energia são identificadas, através da análise dos sistemas energéticos da instalação e pela determinação do seu potencial de melhoria.

A identificação das oportunidades de melhoria do desempenho energético oferecem vários benefícios, incluindo a descoberta de melhores práticas operacionais e inclui encontrar tecnologias avançadas que seriam benéficas em caso da sua instalação. Os benefícios típicos da sua implementação incluem a redução do consumo de energia, baixa emissão, minimização de custos operacionais e melhoria da eficiência energética e operacional de forma a atingir a melhoria contínua do desempenho energético [19].

Após a identificação das ações/oportunidades de melhoria é necessários estabelecer uma metodologia para priorizar essas oportunidades de melhoria de desempenho energético. O método para a priorização de oportunidades de energia, ilustrado na Tabela 29, pressupõem-se que os critérios têm pesos diferentes, ou seja possui graus de importância diferentes (Peso).

Tabela 29 - Método para a priorização de oportunidades de energia.

| Critério | Classificação | | | | Peso |
|--|---------------|------------------|-----------------|-------------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1) Poupança anual de energia (€) | <1000 €/Ano | 1000 €-2500€/ano | 2500€-5000€/ano | >5000 €/Ano | 2 |
| 2) Tempo necessário para a implementação | > a 12 meses | 6-12 Meses | <6 Meses | Imediato | 1 |
| 3) Payback | > 12 Anos | 5-12 Anos | 1-5 Anos | <1 Ano | 3 |

Cada oportunidade é avaliada, tendo em conta cada um dos critérios estabelecidos na Tabela 29. A pontuação total da oportunidade é obtida multiplicando-se o conjunto das avaliações de critérios para cada oportunidade, pelo respetivo peso de cada critério, como se pode constatar na Tabela 30.

Tabela 30 - Pontuação total atribuída a cada oportunidade de melhoria do desempenho energético.

| Uso Significativo de energia | Descrição da oportunidade | Classificação da oportunidade | | | Pontuação=Oportunidades x Peso |
|------------------------------------|---|---|--|----------------------------|-----------------------------------|
| | | Critério 1 Poupança anual de energia | Critério 2 Tempo necessário para a implementação | Critério 3 Payback | |
| | | Classificação atribuída | Classificação atribuída | Classificação atribuída | |
| | Peso | 2 | 1 | 3 | |
| Iluminação | Substituição da atuais lâmpadas de 58 W T8 nas salas de aula por leds 28 W | 3 | 3 | 2 | 108 |
| | Implementação de detetores de presença no Hall dos edifícios B, G e H | 2 | 4 | 4 | 192 |
| | Substituição de balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos nas lâmpadas T8 de 36 W e de 58 W dos edifícios B e H. | 2 | 3 | 3 | 108 |
| | Implementação combinada de tubos solares e sistema de controlo dali no último piso dos edifícios B e H. | 1 | 2 | 2 | 24 |
| SPLITS G105 | Substituição das SPLITS convencionais existentes na sala G105 (GRAQ) com uma classe de eficiência energética D por SPLITS do tipo Inverter com classe de eficiência energética A+ | 1 | 3 | 3 | 54 |
| Aquecimento central ISEP | Substituição das 15 caldeiras convencionais existentes a gás natural por 6 caldeiras Quioto de 150 kW da marca Zantiade biomassa (pellets) para o aquecimento central de forma a reduzir os custos energéticos inerentes ao consumo de gás natural afetos ao ISEP | 4 | 1 | 2 | 48 |

No capítulo relativo às oportunidades de melhoria é descrito os critérios relacionados com cada uma nomeadamente em termos de económicos: payback; VAL e TIR.

6.9. Consumo de referência e indicadores de desempenho energético

O consumo de referência energético pode ser estabelecida em qualquer nível da organização, ou seja poderá ser estabelecido para toda a instalação e/ou apenas para determinados sistemas individuais, equipamentos ou processos [19]. O método para estabelecer os consumos de referência energéticos que se pretende implementar

corresponde à regressão linear/estatística. Segundo a norma, devem ser efetuados ajustes aos consumos de referência sempre que ocorram uma ou mais das seguintes situações:

- Os IDE's deixem de refletir o uso e consumo de energia da organização; ou
- Ocorram alterações significativas nos padrões operacionais ou os sistemas de energia;
- Anualmente, aquando da avaliação energética.

O registo do consumo de referência é efetuado no ficheiro Excel e no programa/software *gridvis* no caso dos analisadores de energia da *Janitza*.

6.10. Indicadores de Desempenho Energético (IDE)

A melhoria do comportamento de energia é determinada pela comparação dos atuais indicadores de desempenho energético com os valores iniciais do consumo de referência energético.

A partir das monitorizações efetuadas a cada edifício em questão (B, G e H) durante uma semana, e a partir dos registos existentes no portal do ISEP relativos aos horários das aulas e laboratórios, desenvolveu-se um indicador de desempenho energético, baseado no consumo específico de energia por nº de aulas de 50 minutos, incluindo aulas práticas, orientação tutorial e aulas teóricas. Este indicador é utilizado para a verificação dos planos de ação relacionados com a eficiência energética em termos de medidas de melhoria do desempenho energético no que diz respeito à iluminação.

Como tal, foi calculado o consumo específico por nº de aulas de 50 minutos relativamente á energia elétrica consumida.

Na Figura 51 apresenta-se os valores dos consumos específicos de energia semanais relativamente á energia elétrica, durante uma semana no caso do edifício B:

Linha de base energética (Edifício B)

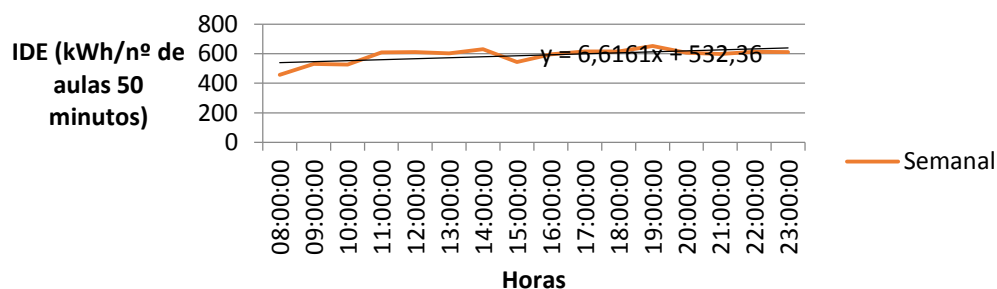


Figura 51 - Linha de base energética para o edifício B.

No caso de serem implementados os equipamentos de monitorização de energia elétrica, é possível extrapolar o consumo de referência anterior que se refere apenas a uma semana, para um consumo de referência anual, tendo em conta cada semestre.

Na Figura 52 apresenta-se a correlação entre o nº de aulas de 50 minutos) e o consumo de energia elétrica (em kWh) durante uma semana, no caso do edifício B.

Correlação entre o consumo e o nº de aulas (Edifício B)

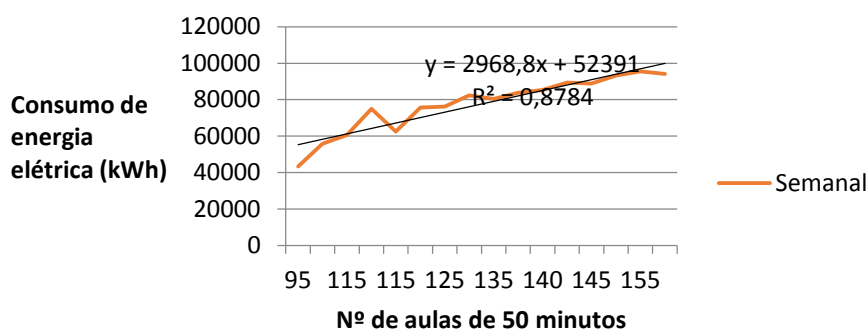


Figura 52 - Correlação entre o consumo de energia elétrica e o nº de aulas de 50 minutos no edifício B.

Atendendo aos gráficos apresentados, constata-se que existe correlação entre o nº de aulas e os consumos em termos de eletricidade, pois existe um grau de proporcionalidade entre o nº de aulas de 50 minutos e o consumo de energia elétrica, durante a semana onde foi feita a monitorização.

Tendo acesso às faturas de energia do ano total de 2015 é possível constatar quais os valores associados às emissões por m³ de gás natural e por kWh de eletricidade, obtendo os seguintes valores apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Fatores de conversão para tonCO2e associado a cada fonte de energia.

| | |
|---|----------|
| Fator Eletricidade (tonCO2e/kWh) | 0,000352 |
| Fator Gás natural tonCO2e/kWh | 0,000184 |

Além disso, como temos acesso aos registos mensais dos consumos energéticos do ISEP, desenvolveu-se, então um indicador de relativo à intensidade carbónica, baseado no consumo energético total em tep sobre as emissões de gases com efeito de estufa em tonCO2e, ou seja:

$$IC = \frac{GEE}{E}$$

Onde GEE-Emissões de gases com efeito de estufa (tonCO2e); E- Consumo total de energia (tep)

Este indicador de desempenho energético relaciona o valor do consumo total de energia (gás natural e eletricidade em TEP) e as respetivas emissões de gases com efeito de estufa (tonCO2e). Realizou-se este cálculo para cada mês, como se pode verificar através da Tabela 32.

Tabela 32 - Intensidade carbónica (TEP/Ton CO2e) ao longo do ano de 2015.

| Mês | INTENSIDADE CARBÓNICA (TEP/Ton CO2e) |
|------------|---|
| Janeiro | 0,83943 |
| Fevereiro | 0,81668 |
| Março | 0,62320 |
| Abril | 0,61007 |
| Maior | 0,61228 |
| Junho | 0,61542 |
| Julho | 0,61179 |
| Agosto | 0,61221 |
| Setembro | 0,61816 |
| Outubro | 0,62658 |
| Novembro | 0,71752 |
| Dezembro | 0,77114 |
| TOTAL | 8,07447 |
| Média | 0,67287 |

Através da análise da Tabela 32, relativa à intensidade carbónica mensal, pode-se afirmar que não existem grandes variações deste indicador de desempenho energético ao longo do ano, apresentando uma média de 0,67 tep/tonCO2e e um valor anual 8,07 tep/tonCO2e.

A intensidade carbónica pode ser utilizada como um indicador para a verificação dos planos de ação relacionados com a eficiência energética em termos de medidas de melhoria do desempenho energético/ambiental no que diz respeito ao aquecimento central. Além disso é necessário registar o número de graus dias relacionados com o período de arrefecimento que é um número que caracteriza a severidade de um clima durante a estação de aquecimento e que é igual ao somatório das diferenças positivas registadas entre uma dada temperatura de base (20 °C) e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento. As diferenças são calculadas com base nos valores horários da temperatura do ar (termómetro seco) (RCCTE – DL 80/2006).

6.11. Identificação de outras variáveis que afetam o uso e o consumo significativo de energia

Realizou-se um procedimento para este estudo, onde se recorreu às temperaturas exteriores mensais da zona do Porto para os meses de Janeiro, Fevereiro, Outubro, Novembro e Dezembro, e o respetivo consumo mensal de gás natural por parte das caldeiras afetas aos edifícios G e H. Posto isto foi efetuado um estudo através do gráfico que relaciona o consumo de gás natural com as temperaturas médias exteriores mensais.

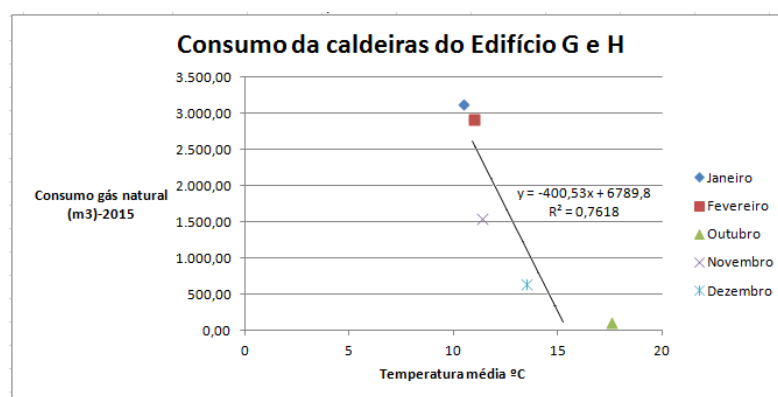


Figura 53 - Temperatura exterior VS Consumo (m3).

Através da Figura 53, verifica-se que existe uma relação evidente entre a temperatura exterior média durante os meses relativos às necessidades de aquecimento (Janeiro, Fevereiro, Outubro, Novembro e Dezembro) e o consumo de gás natural por parte das caldeiras do edifício G e H. Quanto menor é a temperatura ambiente maior é o consumo de gás natural, como seria de esperar.

Com a análise da Figura 53, constata-se que existe correlação ($R^2=0,8833$) evidente entre a temperatura exterior e o consumo horário de gás natural. Sendo assim, pode-se constatar que a temperatura ambiente é uma variável, que de alguma forma afeta de forma significativa o uso e consumo de energia de gás natural, segundo a norma *NP EN ISO 50001*, como tal é necessário ter em conta o nº de graus dia de aquecimento correspondentes a cada mês e desenvolver um indicador que relaciona o consumo do caudal de gás natural (m^3) com o nº de graus dia de aquecimento.

6.12. Desenvolvimento de objetivos, metas e planos de ação

Os objetivos energéticos são desenvolvidos com base no compromisso com a política energética da organização, tendo em conta os objetivos organizacionais, as estratégias e as oportunidades identificadas, de forma a fomentar a melhoria contínua em termos de desempenho energético da organização.

A definição das metas energéticas envolve selecionar as métricas específicas e necessárias do desempenho energético da organização que necessitam ser atendidas, a fim de atingir um determinado objetivo energético.

Os planos de ação de gestão de energia definem as atividades, recursos e responsabilidades necessários para atingir os objetivos e metas da organização [20].

6.12.1. Definir e documentar objetivos e metas

Conforme a *NP EN ISO 50001* estabeleceu-se de forma documentada os objetivos e as metas que ajudem a cumprir o compromisso com a política energética, para a melhoria do desempenho energético, tendo em conta as utilizações significativas de energia [20].

A *NP EN ISO 50001* exige que a organização considere o seguinte no desenvolvimento de objetivos e metas de energia:

- Utilizações energéticas significativas;
- Oportunidades de melhoria identificadas na revisão de energia;
- Os requisitos legais e regulamentares;
- Outros requisitos relacionados com a energia adotadas pela ou comprometidos com a organização;
- Necessidades financeiras e restrições;

- Requisitos operacionais e restrições de negócio;
- Soluções Tecnológicas;
- Partes interessadas.

Além disso, devem ser definidos os prazos, os responsáveis e os recursos disponibilizados para prossecução desse objetivo/meta.

6.12.2. Formular um plano de ação

Após o estabelecimento dos objetivos energéticos e a definição das metas energéticas do sistema de gestão de energia, foram elaborados planos de ação de forma a atender esses objetivos e metas energéticas correspondentes e a forma como serão alcançados, o que envolve rever a lista de prioridades relativamente às oportunidades de melhoria e a seleção de projetos que são necessários a implementar em cada ano concreto. Uma vez definidos os projetos a implementar, deverá ser designada uma pessoa responsável e uma equipa por cada projeto [20].

Os objetivos estão em linha com os planos de ação da organização e foram elaborados, ao nível instalação (tendo em conta todas as caldeiras existentes no ISEP) e ao nível dos sistemas de energia (sistemas de iluminação e climatização dos edifícios B;G e H), como se pode verificar na Tabela 33.

Tabela 33 - Objetivos e metas definidos em termos do sistema de iluminação dos edifícios B, G e H.

| |
|--|
| Objetivo: Redução do consumo de iluminação no ISEP. |
| Meta 1: Redução do consumo de iluminação nos Halls dos Edifícios B, G e H em 70% (Implementação de detetores de movimentos nos corredores dos edifícios B, G e H. |
| Meta 2: Redução do consumo de iluminação nas salas de aula dos Edifícios B, e H em 25% (Substituição dos balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos) |
| Meta 3: Redução do consumo de iluminação nas salas de aula dos Edifícios B, e H em 25% (Substituição das luminárias T8 de 2x58 W das salas de aula (edifício B e H) por LEDs de 28 W) |
| Meta 4: Redução do consumo de iluminação nos corredores do último piso dos Edifícios B, e H em 80% (tubos solares associados ao controlo sistema de controlo do fluxo luminoso por luminária (DALI) |

Neste caso os objetivos expostos na Tabela 33 estão relacionados com o uso significativo de energia em termos de sistema de iluminação (no subcapítulo 7.1), pois o sistema de iluminação além de apresentar um consumo significativo, neste caso, apresenta um potencial acentuado como oportunidade de melhoria de eficiência energética, o que permite assegurar o compromisso da melhoria contínua do

desempenho energético através de uma ação planeada, adequada e consistente com a política energética.

Em termos tecnológicos foram consideradas as seguintes tecnologias: led nas salas de aula dos edifícios B e H (no subcapítulo 7.1.4), implementação de tubos solares (subcapítulo 7.1.10) e controlo do fluxo luminoso da iluminação nos corredores do último piso dos Edifícios B, e H, detetores de movimento nos corredores dos edifícios B, G e H (subcapítulo 7.1.6); substituição dos balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos nas lâmpadas T8 de 36 W e de 58 W dos edifícios B e H (subcapítulo 7.1.8). Além disso, para o cumprimento destes objetivos, é necessário assegurar a execução dos critérios de manutenção e operacionais através do controlo automático dos detetores de movimento, de presença e crepusculares e através das ações de manutenção preventiva.

Relativamente às ações de monitorização é imprescindível que sejam instalados analisadores de energia. Para este caso estudou-se a viabilidade técnico-económica da instalação de analisadores da *Janitza* (subcapítulo 6.14.7) nos quadros gerais e parciais de cada piso do Edifício, de forma a assegurar o cumprimento real dos objetivos e das metas energéticas. Estes analisadores cumprem com uma série de normas, incluindo a norma *NP EN ISO 50001*, além disso são capazes de analisar a qualidade da energia, o que inclui distorções de componentes harmónicas até à ordem de 699. Os parâmetros que são medidos e monitorizados são a energia elétrica consumida, nomeadamente: as energias ativa, reativa, aparente; as distorções harmónicas e fator de potência e o nº de aulas de 50 minutos existentes durante a semana, através do portal do ISEP. A frequência de monitorização será contínua e o registo dessas ações de monitorização será efetuado através do *software gridvis*, numa folha de dados, enviando a informação a um computador central, sendo que esses analisadores devem estar contemplados no plano de calibração de equipamentos.

6.12.3. Plano de ações definidos em termos de iluminação:

Os planos de ação, incluindo as ações que devem ser desencadeadas, os responsáveis; as datas; os recursos necessários, assim como o plano de verificação dos resultados encontram-se definidos no manual de gestão energética.

6.12.4. Objetivos e metas definidos em termos de caldeiras a biomassa:

Uma vez que os sistemas de AVAC (aquecimento central) apresentam um valor anual económico considerável em termos de consumo de gás natural, e além disso um potencial acentuado em termos de oportunidade de melhoria e de redução das emissões de gases com efeito de estufa. Foram elaborados os seguintes objetivos e metas de energia, representados na Tabela 34.

Tabela 34 - Objetivos e metas definidos em termos de caldeiras a *pellets* (biomassa).

| |
|---|
| Objetivo 1: Redução económica das faturas energéticas associadas à climatização (aquecimento central). |
| Objetivo 2: Redução das emissões de gases que produzem efeito de estufa no ISEP. |
| Meta 1: Poupança económica de 70000 € anual prevista para o ano de 2017 através da substituição das caldeiras existentes (gás natural) por caldeiras a <i>pellets</i> . |
| Meta 2: Redução das emissões de gases que produzem efeito de estufa através da substituição das caldeiras existentes (gás natural) por caldeiras a <i>pellets</i> para 0%. |

Com o intuito de realizar o controlo do estado de funcionamento dos queimadores devem ser efetuadas análises à composição dos gases de combustão (medição térmica) das mesmas, por técnicos especializados de manutenção. De forma a assegurar a execução dos critérios de manutenção e operacionais associados a todo o sistema AVAC, desde caldeiras a toda a canalização de distribuição da energia térmica produzida, nomeadamente os parâmetros em termos de teor de oxigénio, e dióxido de carbono e da temperatura do gás utilizado para a combustão do queimador que afeta a eficiência energética dos mesmos.

Foi considerado a instalação de caldeiras a *pellets* (subcapítulo 7.2.3), de forma a assegurar a execução dos critérios de manutenção e operacionais associados a todo o sistema AVAC, desde caldeiras a toda a canalização de distribuição da energia térmica produzida.

Considerou-se a substituição das caldeiras convencionais existentes a gás natural por caldeiras de biomassa a *pellets* para o aquecimento central de forma a reduzir os custos energéticos inerentes ao consumo de gás natural afetos ao ISEP.

Os objetivos e metas energéticas serão monitorizados através do registo dos consumos mensais (faturas) associados ao consumo de gás natural e através da leitura dos contadores de gás. Caso as caldeiras a *pellets* sejam implementadas é fundamental realizar um registo associado às toneladas de *pellets* consumidas, tendo em conta o

número de graus dia de aquecimento durante cada ano. Como tal os parâmetros que devem ser monitorizados são o consumo de gás natural em m³ e em kWh; consumo de *pellets* em kg e o número de graus dia relativo a cada ano.

6.12.5. Plano de ações definidos em termos de caldeiras a biomassa:

Os planos de ação, incluindo as ações que devem ser desencadeadas, os responsáveis; as datas; os recursos necessários, assim como o plano de verificação dos resultados encontram-se definidos no manual de gestão energética.

6.12.6. Objetivos e metas definidos em termos *SPLITS* com a tecnologia DC INVERTER:

Tendo em conta que os referidos *SPLITS* convencionais do tipo mural da sala G105 estão a funcionar de forma contínua durante 24 horas, e possuem uma classe de eficiência energética relativamente baixa. Neste caso, esses equipamentos apresentam um potencial acentuado como oportunidade de melhoria de eficiência energética. Desta forma foram definidas os seguintes objetivos e metas energéticas, apresentados na Tabela 35, tendo em conta o estudo da viabilidade económica elaborado no subcapítulo 7.4.5.

Tabela 35 - Objetivos e metas definidos em termos *SPLITS* com a tecnologia DC INVERTER.

Objetivo: Redução do consumo de *split* no 1º piso do edifício G do ISEP.

Meta: Aumento da eficiência energética em 25% em cada uma das 3 *SPLITS* do 1º piso do edifício G do ISEP (Substituição das *SPLITS* convencionais existentes na sala G105 (GRAQ) com uma classe de eficiência energética D por *SPLITS* do tipo Inverter com classe de eficiência energética A+).

Substituição das *SPLITS* convencionais existentes na sala G105 (Grupo de Reações e Análises Químicas - GRAQ) com uma classe de eficiência energética D por *SPLITS* do tipo Inverter com classe de eficiência energética A+ (subcapítulo 7.4.5.).

Instalação de 3 *Fujitsu Inverter ASBA24LFC*, de modo a assegurar a execução dos critérios de manutenção e operacionais associados aos *SPLITS* através do conhecimento técnico e especializado da Fujitsu.

Serão instalados analisadores de energia da *Janitza* nos quadros parciais de cada piso do Edifício.

6.12.7. Plano de ações definidos em termos *SPLITS* com a tecnologia DC INVERTER:

Os planos de ação, incluindo as ações que devem ser desencadeadas, os responsáveis; as datas; os recursos necessários, assim como o plano de verificação dos resultados encontram-se definidos no manual de gestão energética.

6.13. Determinar os controlos operacionais

O controlo operacional adequadamente definido, visa assegurar que os sistemas; processos; instalações e os equipamentos, que de alguma forma afetam de forma significativa o uso e o consumo de energia, operem com o intuito da aquisição do desempenho energético pretendido, de acordo com critérios de manutenção e operacionais definidos, garantindo que as operações essenciais *“são executadas e mantidas no sentido de controlar ou reduzir os impactos adversos que possam levar a desvios relativamente à sua política energética, objetivos, metas e planos de ação para a gestão de energia”*.

No caso do ISEP, existem já, alguns critérios de manutenção dentro da organização, especialmente em relação ao bom funcionamento dos equipamentos, através de ações de manutenção como por exemplo: limpeza, lubrificação, afinação/calibração, mudança de filtros, regulação do nível de óleo, substituição de peças dependendo do tipo de equipamento, por parte de técnicos especializados/fornecedores que tenham um contrato de manutenção com o ISEP.

Em termos de documentação o ISEP, não possui nenhum procedimento que visa regular a metodologia aplicável à gestão dos equipamentos do ISEP.

A manutenção preventiva é utilizada de modo a prevenir e antecipar falhas nos equipamentos, nomeadamente nos sistemas de AVAC (*SPLITS*, Unidades compactas, *Rooftops* e *Chiller*), nas caldeiras, no compressor de ar comprimido e nos equipamentos associados ao Grupo de Reações e Análises Químicas (GRAQ). Para tal, cada equipamento tem definido um plano de manutenção onde são estabelecidas todas as tarefas necessárias relativas à manutenção preventiva dos mesmos.

Em termos de manutenção corretiva, quando ocorre uma avaria numa máquina, o responsável da secção tem o dever de comunicar de imediato a ocorrência à secção de manutenção, que tem a responsabilidade de ir ao local analisar a situação

e desencadear os procedimentos necessários para realizar as ações de manutenção de modo a repor o mais rapidamente possível o funcionamento da máquina. Devido a este facto, a secção de manutenção possui uma lista de fornecedores para cada equipamento.

Para esse efeito foi desenvolvido um procedimento operacional que se encontra no manual de gestão energética que foi desenvolvido. Na Tabela 36 está representado o preenchimento do formulário relacionado com o mapa de controlo das utilizações significativas de energia, identificado no subcapítulo 6.7.

Tabela 36 - FR08 (Formulário do Mapa de controlo dos USE ISEP).

| Área ou operação (localização) | Uso significativo de energia | Existe algum objetivo ou meta associados a este uso significativo de energia? (Sim/Não) | Controlos operacionais |
|--------------------------------|--|---|--|
| Edifício G | Compressor de ar comprimido 4kW | Não | Especificação operacional do compressor de ar; Sistema de gestão de manutenção preventiva |
| ISEP | Sistema de Aquecimento central dos edifícios (15 caldeiras-c/Queimadores de gás natural) | Sim | Especificação operacional dos queimadores de gás natural (Regulação do nível de oxigénio de admissão na combustão-Empresa SPIE); Sistema de gestão de manutenção preventiva; Chefe de Secção Licenciado |
| Edifício B, G e H | Sistema de Iluminação dos Edifícios | Sim | Especificação operacional das luminárias fluorescentes T5, T8 (definição da altura dos pontos de luz); Sistema de gestão de manutenção preventiva (limpeza das armaduras das luminárias) |
| Edifício B, G e H | Sistema de climatização | Sim | Especificação operacional (manuais e fornecedores-SPIE):ar condicionado (<i>SPLITS</i> -Edifícios B e G); <i>ROOFTOPS</i> (EDIFÍCIOS (B,G e H) e <i>CHILLER</i> (ED.B); Sistema de gestão de manutenção preventiva |

Segundo a norma *NP EN ISO 50001*, para estes casos é fundamental ter uma atenção especial no que diz respeito à definição de critérios de operação e de manutenção dos equipamentos associados às USEs.

6.14. Monitorização, medição e análise

De acordo com a norma *NP EN ISO 50001*, uma organização deve assegurar que as características-chave das suas operações, que determinam o seu desempenho energético, são alvo de monitorização, medição e análise periódica, com a finalidade de verificar a eficácia da implementação do respetivo sistema de gestão de energia. Os resultados da monitorização e medição das características-chave ajudam a organização a definir as ações apropriadas relacionadas com a melhoria do seu desempenho energético.

Na perspetiva da norma, as características-chave devem incluir no mínimo: utilizações significativas de energia; indicadores de desempenho energético; eficácia do plano de ação e consumo de energia real face ao esperado.

6.14.1. Usos Significativos de Energia (USE)

A monitorização e medição regulares permitem a uma organização determinar o desempenho atual, comparar com o passado energético e detetar alterações que possam ser abordadas para restaurar o funcionamento eficaz e controlar o uso e consumo de energia.

6.14.2. Indicadores de desempenho energético (IDE)

Os IDEs são itens vitais para monitorizar de que forma fornecem as informações críticas sobre o desempenho das entidades para as quais tenham sido definidos.

A determinação exata das variáveis independentes relevantes é um contributo importante para a modelagem adequada e análise do desempenho associado. A análise dos dados recolhidos destas variáveis fornece informações importantes sobre o desempenho do uso de energia significativa.

6.14.3. Eficácia dos planos de ação

Os planos de ação são monitorizados, medidos e analisados para garantir que as metas e os objetivos energéticos estão a ser alcançados de uma forma eficaz. O consumo de energia esperado associado a projetos que são implementados para atender aos objetivos e metas é comparado com os resultados reais após a conclusão do projeto para determinar se os objetivos e metas foram cumpridos. Os projetos

bem-sucedidos são analisados para a reprodução adequada noutros processos. Os projetos que não cumprem as metas estabelecidas são analisados para determinar o motivo (s) da sua falha e o acompanhamento adequado é planeado e implementado.

6.14.4. Consumo de energia real versus esperado

O consumo esperado é o consumo que pode ser associado a experiências passada, iniciações de projetos, e/ou iniciativas estratégicas. As expectativas podem ser baseadas numa análise detalhada desses e de outros problemas ou estimativas gerais de tendências passadas. As variações são analisadas e avaliadas para identificar os elementos que melhoram o desempenho energético.

Desta forma, foi elaborado um procedimento de controlo e monitorização para analisar cada uma das características chave, com o intuito de determinar com rigor o que deve ser medido ou monitorizado, para que os dados apropriados sejam recolhidos para uma análise posterior. No manual do ISEP encontra-se o plano de medição de energia de forma documentada, associado ao referido procedimento. O plano de medição definido foi escolhido de acordo com a dimensão e a complexidade da organização. Além disso foi elaborado um procedimento relacionado com a gestão e os registos relativos à calibração dos equipamentos de monitorização e medição das características-chave, de modo a assegurar que os equipamentos fornecem dados exatos e repetíveis.

Por outro lado, uma organização deve averiguar e responder a desvios que ocorram no desempenho energético.

6.14.5. Definição e implementação do plano de medição de energia

A *NP EN ISO50001* exige a elaboração de um plano de medição de energia. O plano de medição de energia é desenvolvido para definir, organizar e documentar as atividades de monitorização e medição.

Cada uma das características-chave é avaliada para determinar de forma rigorosa o que deve ser medido e monitorizado. Os itens que devem ser incluídos no plano de medição irão variar dependendo do tamanho e complexidade da organização e consoante os equipamentos de monitorização e medição que possuem.

O plano de medição de energia definido inclui:

- Os controlos operacionais e as posições afetadas;
- As especificações dos sistemas, processos ou equipamentos a serem monitorizados ou medidos, incluindo as fontes de energia; os USE's; as variáveis relevantes; os valores expectáveis/estimados face ao valor medido, antes e após a implementação dos planos de ação; os indicadores de desempenho energético associados e as suas respetivas localizações;
- Os parâmetros a analisar e a frequência de aquisição dos dados;
- Os recursos humanos; materiais; documentos associados; os responsáveis e o método de monitorização;
- Requisitos de calibração.

Um dos grandes desafios para a obtenção da eficiência energética consiste na definição de uma estratégia otimizada para a implementação de um sistema de gestão de energia, que é fundamental para que as poupanças geradas sejam reais para uma determinada organização, e que efetivamente se prolonguem ao longo do tempo.

A possibilidade de monitorizar e medir de um modo integrado e contínuo os consumos energéticos, quer ao nível da análise de energia elétrica (tensões/correntes/fatores de potência/energia ativa/energia reativa) quer ao nível da qualidade de energia (cavos de tensão, harmónicos, efeito *Flicker*, entre outros) traduz-se na implementação de um sistema de gestão de energia, que permite ao utilizador quantificar e qualificar o desempenho energético associado a cada instalação, sistema, ou equipamento de energia.

Para seleccionar um sistema de monitorização é necessário ter em conta os seguintes critérios:

- Análise dos consumos de energia, fornecendo a cada instalação o acesso ao seu perfil de consumo;
- Acompanhamento das tendências dos consumos e custos;
- Conhecer os consumos específicos, permitindo desta forma o *benchmarking* interno;
- Disponibilizar os dados em tempo real, com acesso fácil e rápido via Web.

Estes critérios permitem garantir flexibilidade, adaptabilidade e acessibilidade via Web, e desta forma cumprir com as exigências da norma relativamente às ações de monitorização e medição [38].

6.14.6. Solução estudada para o sistema de monitorização

A solução do sistema de monitorização passa pela instalação de uma rede interna de equipamentos localizados nas cargas principais enviando dados elétricos sobre as respetivas cargas para um analisador principal designado de analisador central.

6.14.7. Equipamentos a instalar

Para esta fase do trabalho foram considerados equipamentos que contemplam a gama UMG, da marca *Janitza* de modo a contemplarem um sistema integrado de monitorização da qualidade de energia e dos consumos energéticos na instalação.

Os equipamentos escolhidos, da marca *Janitza*, são completos a nível de medições e cumprem as normas exigidas, nomeadamente *IEC EN 60999-1*; *DIN EN 50022*; *EN 60529*. Estes analisadores estão adaptados para corresponder aos requisitos da norma *NP EN ISO 50001*, o que se torna uma mais-valia devido à posterior implementação da mesma.

O *software* de controlo utilizado neste sistema é também de fácil utilização e acesso.

Serão instalados analisadores da *Janitza UMG 604* (Figura 54), a montante dos quadros gerais de baixa tensão dos Edifícios B, G e H que funcionarão como módulo central de toda a rede de monitorização.



Figura 54 - Analisadores da Janitza UMG 604.

Os analisadores de energia *UMG 604* podem ser utilizados em várias áreas, nomeadamente, medição, acompanhamento e controlo eléctrico; registo de dados e análise do consumo (centro de custo); monitorizar a qualidade da energia eléctrica; controlo de picos de tensão; monitorização remota. Contudo, os analisadores da *Janitza* alojados nos quadros de entrada (*master*), estão ligados também a outras redes do tipo *Ethernet*, que fazem a comunicação destes a um computador configurado para fazer a gestão de todos os analisadores de cada edifício através do *software GridVis*.

O *software da Janitza, GridVis*, apresenta bastantes vantagens, tais como:

- Redução dos custos de energia com a aplicação de medidas adequadas;
- Capacidade de visualização do consumo de energia separando os vários analisadores instalados;
- Aumento da fiabilidade do fornecimento de energia eléctrica;
- Maior consciencialização dos colaboradores no que diz respeito à Eficiência Energética;
- Gestão do centro de custo.
- Permite também a programação e configuração dos vários analisadores de energia, registo permanente de dados e emissão de relatórios.

Para além da monitorização dos consumos energéticos estes analisadores, juntamente com o *software*, conseguem analisar a qualidade da energia eléctrica, trazendo também vantagens a níveis económicos.

6.14.8. Modo de comunicação entre aparelhos e ou computador:

Na Figura 55 está exemplificado o sistema de gestão e comunicação entre os analisadores de energia e o *software*.

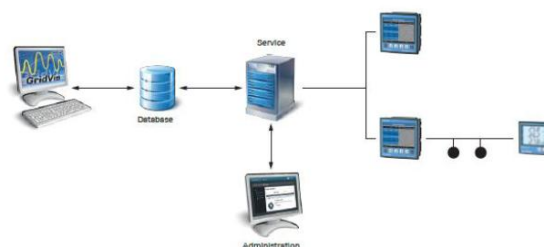


Figura 55 - Comunicação entre os analisadores de energia e o computador central.

Todos os parâmetros de qualidade de energia são coletados e analisados como por exemplo: efeito de *Flicker*; interrupções de curta duração; transitórios; harmónicos até ao 63º. Existem amplas possibilidades de comunicação, por exemplo, *RS 485 Modbus, Profibus, Ethernet (TCP / IP), BACnet, HTTP, FTP, SMTP, SNMP, DNS*.



Figura 56 - Composição de um analisador de energia e módulo de expansão adicional.

Acesso mundial para o servidor *web* incorporado pode ser adquirido através de um navegador *web*. Todos os analisadores possuem uma ligação *ethernet* e um bloco de bornes na sua constituição, podendo ser adicionado um módulo de expansão para comunicação em *Modbus* ou um módulo de expansão *Profibus*, nunca os dois em simultâneo. O local de encaixe para o módulo de expansão é livremente seleccionável nas duas ranhuras que atrás se encontram.

Para este trabalho, optámos que todos os analisadores de energia necessitem de um módulo de expansão *Modbus* de modo a proporcionar uma comunicação destes por RS485.

A rede é composta por instrumentos baseados em microprocessadores capazes de medir o consumo de energia e os parâmetros eléctricos importantes. Estes dados podem ser lidos remotamente através de uma linha serial RS485. Tais instrumentos são conhecidos como analisadores de energia. As razões que fazem a verificação da qualidade da energia são uma necessidade, principalmente de natureza económica.

O modo de ligação e comunicação adotado para esta implementação descreve-se através da Figura 57 (*Modbus*):

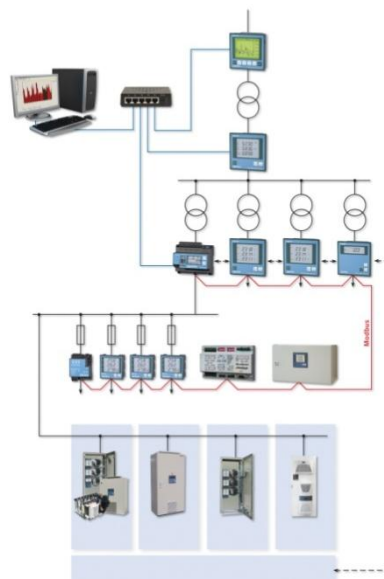


Figura 57 - Modo de ligação e comunicação (MODBUS)

Os UMG 604 colocados nos quadros gerais de baixa tensão de cada edifício são utilizados como um *gateway serial*. Deste modo, é possível ligar aparelhos (escravos), que estão conectados ao módulo de expansão *Modbus* do UMG604, à *Ethernet* (mestre) com um computador.

Dados que o mestre envia ao aparelho de destino endereçado: o *software* de gestão comprime o protocolo serial em pacotes TCP/IP. O UMG 604 extrai os pacotes TCP/IP e envia os pacotes descomprimidos do protocolo serial à interface serial (RS 485).

Dados que o aparelho de destino endereçado envia ao mestre: o UMG 604 comprime os pacotes do protocolo serial no protocolo TCP e envia os dados comprimidos relevantes ao *software* de gestão.

6.14.9. Requisitos e condições

O módulo de expansão *Modbus* é necessário para ligar o barramento RS 485. De acordo com a especificação do barramento RS 485, é possível ativar 31 aparelhos, no máximo, através do *Gateway* sem a aplicação de amplificadores especiais RS 485.

Não há necessidade de aplicação de bancos de dados adicionais, uma vez que estes equipamentos possuem memória interna.

O *software* de gestão instalado no computador tem de controlar o protocolo serial do aparelho de destino ativado, bem como a compressão/descompressão do protocolo serial para TCP/IP.

6.14.10. Cabo para rede *Ethernet* – Chicote RJ45 30m

Deve ser utilizado um cabo de categoria 5E ou superior (recomendada pela norma EIA/TIA-568-B). Pode ser usado para frequências até 125 MHz em redes 1000BASE-Tgigabit *ethernet*.

6.14.11. Cabo UTP para rede RS485- (Código AL-2306)

Este cabo é utilizado para transmissão de dados na rede RS 485, aplicado em protocolos tais como *MODBUS* e *ALNET I*. É um cabo blindado de dois ou quatro pares traçados que apresenta características necessárias para transmissão de dados em alta velocidade no ambiente industrial.

6.14.12. Requisitos e condições

A rede RS485 deve ficar afastada de redes elétricas de potência a finalidade de reduzir interferências eletromagnéticas. É recomendado o uso de eletrodos separados, mantendo uma distância mínima de 100 mm entre a rede de comunicação e as redes elétricas. Este tipo de cabo deve ser protegido da incidência direta de raios solares.

Este cabo UTP é especificado para um comprimento de rede máximo de 500 m. Comprimentos maiores de cabo diminuem a margem de ruído, aumentando a probabilidade de falhas na comunicação. Para distâncias maiores de 500 m é recomendada a utilização de repetidores ou cabos óticos.

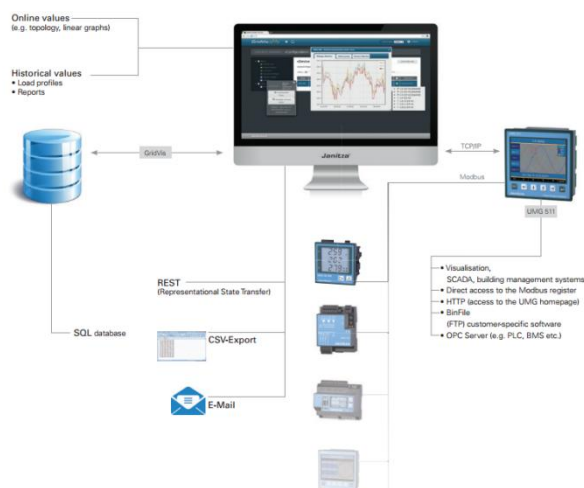


Figura 58 - Ligação Ethernet.

Os dados de medição são lidos automaticamente para fora através de um cabo e estará disponível num servidor de dados centrais, para posterior aplicação *web*. A

ligação Ethernet existente na arquitetura na maioria das vezes garante um custo otimizado e fiável em termos de comunicação.

6.14.13. Orçamento

Neste capítulo serão apresentados os orçamentos parciais para os diversos componentes do sistema de monitorização de energia e o orçamento total final.

Escolheram-se transformadores de corrente de núcleo aberto ao invés de núcleo fechado pois a instalação dos quadros elétricos já está feita, caso fossem de núcleo fechado teriam de ser feitas grandes modificações.

De salientar que o quadro com a descrição dos analisadores de energia da JANITZA, e do orçamento detalhado, encontra-se no [anexo E](#).

Ao nível dos equipamentos e sistemas de energia associados aos consumos significativos de energia, também se pretende assegurar que os seus consumos energéticos, sejam monitorizados, deste modo, no caso do quadro dos sistemas de AVAC do Edifício B, constituído por um *chiller* e 6 unidades compactas por condutas, será implementado um analisador de energia UMG 104 de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485, e o respetivo transformador de corrente, núcleo aberto, 160/5A, classe 0,5.

No caso do edifício G, no segundo piso, também se pretende instalar um analisador de energia associado à *rooftop*, tal como nas *SPLITs* e no compressor de ar do quadro geral do GRAQ, do 1º piso do Edifício G, ou seja um analisador de energia UMG 104 de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485, e o respetivo transformador de corrente, núcleo aberto, 63/5A, classe 0,5 (ROOFTOP) e 4 analisadores de energia UMG 104 trifásicos, calhas DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485, e os respetivos transformador de corrente, núcleo aberto, 40/5A, classe 0,5 (3 *SPLITs* +Compressor).

Em termos globais o orçamento total para a implementação de um sistema de gestão e monitorização de energia deste tipo, corresponde a 14926,05 €, aproximadamente 15000 €.

Este sistema de monitorização constitui uma ferramenta fundamental para apoio à implementação de um sistema de gestão de energia de acordo com a norma NP EN ISO 50001:2012 e permitem uma análise contínua dos parâmetros elétricos que

atravessam os equipamentos, que em caso de falha proceder-se de imediato à colmatação da mesma.

O investimento inicial é bastante considerável, mas este valor torna-se facilmente irrisório considerando os ganhos que o ISEP irá adquirir ao nível da previsibilidade da ocorrência de falhas.

6.14.14. Monitorizações, medições e análises efetuadas aos de consumos de energia elétrica

Perante as necessidades de um conhecimento mais aprofundado relativamente aos consumos de energia elétrica e à qualidade de energia, nomeadamente as componentes harmónicas, fator de potência, Distorção Harmónica Total de Corrente e Tensão (THDA e THDV), associados aos edifícios B, G, H e ao Grupo de Reações e Análises Químicas (GRAQ), foi utilizado para esse efeito, o analisador portátil de energia *Fluke 434* (ver Características principais:), disponibilizado pelo departamento DEE. O *Fluke 434* Analisador de Energia é a uma ferramenta ideal para o registo de energia que permite analisa quer a quantidade, quer a qualidade de energia elétrica consumida. Esta capacidade de monitorização de energia permite identificar as áreas e os edifícios que são responsáveis por um maior consumo energético. Permite, ainda adicionar medições básicas de qualidade de energia para o pacote possuindo assim uma poderosa ferramenta de solução de problemas. Com este equipamento foram realizadas medições aos quadros gerais de baixa tensão dos Edifícios B, G e H.

Foram realizadas medições das características elétricas aos quadros gerais de baixa tensão dos Edifícios B, G, H e ao quadro geral do GRAQ, durante os meses de Abril e Maio de 2016, considerando o consumo de energia elétrica total médio das três fases de cada quadro elétrico.

Como se pode constatar nos gráficos seguintes, os consumos de energia elétrica no fim-de-semana são praticamente constantes ao longo do dia no caso do edifício G e no GRAQ. O mesmo acontece nos casos dos edifícios B e H com a exceção, das manhãs de sábado, sensivelmente entre as 10:00 horas e as 14:00 horas, onde ocorre um ligeiro aumento do consumo de energia elétrica. Este ligeiro aumento no consumo de energia elétrica durante as manhãs de sábado é expectável face à existência de aulas durante esse curto período. Ao longo da semana, o consumo diário

durante cada hora é também muito semelhante. Como tal, podemos supor que os perfis de utilização ao longo do dia e dos meses são praticamente constantes.

Outro aspeto a ter em consideração corresponde ao consumo de energia elétrica até perto das 8 horas em que, como se pode constatar, não existem grandes desvios ao longo dos dias, seja semana ou fim-de-semana.

Consumo semanal de energia ativa total média

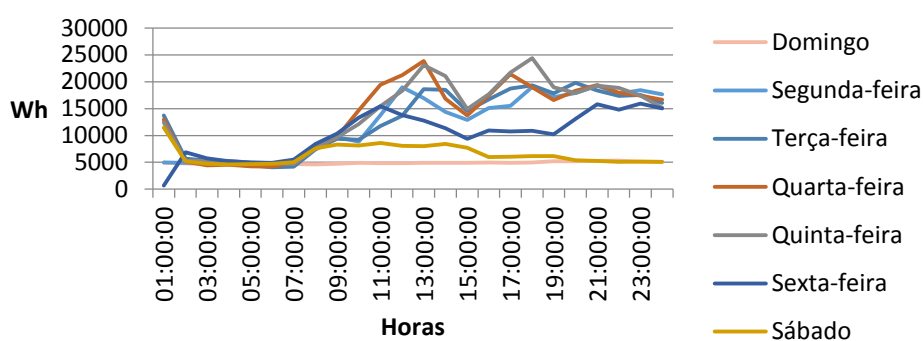


Figura 59 - Consumo semanal de energia ativa total média edifício B.

Salienta-se o facto dos valores do consumo de energia elétrica ativa no edifício B rondarem entre os 5000 Wh e os 25000 Wh. O pico de máximo de potência ativa alcançado ao longo desta semana corresponde a 26,3 kW. Como se pode constatar na Figura 59, no Domingo existe um consumo médio de 5000 Wh pois o edifício B é o responsável pela alimentação elétrica do laboratório de tecnologia, que corresponde a um laboratório focado no ensino tecnológico de engenharia em diversas áreas como a reação química e biológica, transferência de massa e de calor, processos de separação, transporte de fluidos, instrumentação e controlo, tratamento de águas. Nas suas instalações são, também, desenvolvidos vários trabalhos de investigação, incluindo mestrados, doutoramentos e trabalhos de alunos Erasmus, o que acarreta que alguns equipamentos nomeadamente estufas, muflas, frigoríficos e compressor de ar comprimido, entre outros, se encontrem em funcionamento contínuo para satisfazer a preparação de determinadas amostras necessárias para a elaboração de experiências químicas.

Consumo semanal de energia reativa total média

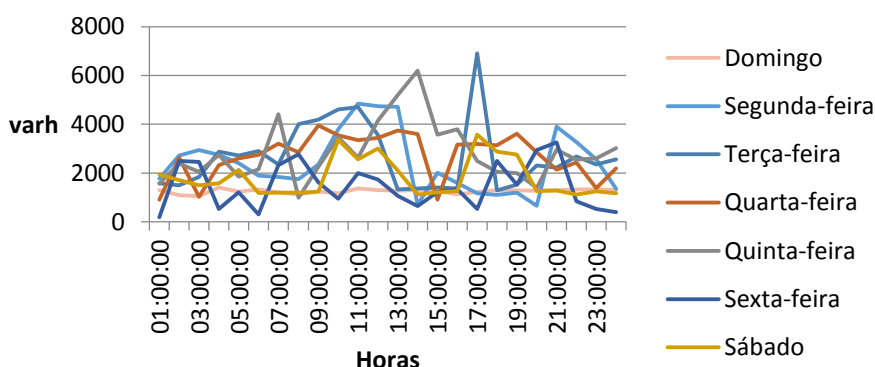


Figura 60 - Consumo semanal de energia reativa total média edifício B.

Os valores do consumo de energia elétrica reativa no edifício B rondam entre os 1000 varh e os 7000 varh. O pico de máximo de potência reativa alcançado ao longo desta semana corresponde a 6,99 kvar.

Consumo semanal de energia aparente total média

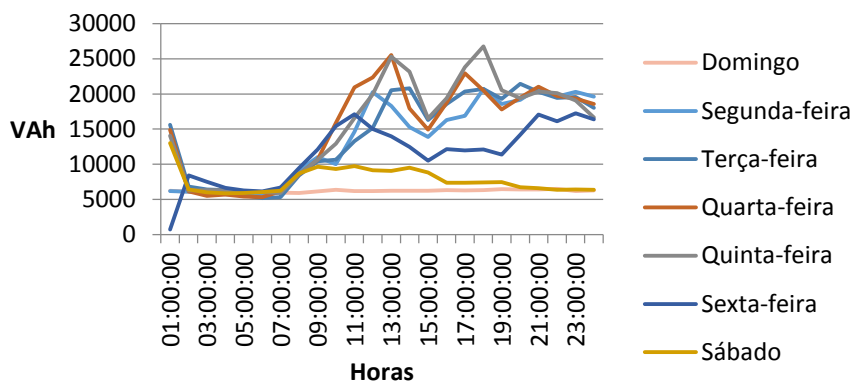


Figura 61 - Consumo semanal de energia aparente total média edifício B.

Os valores do consumo de energia elétrica aparente no edifício B rondam entre os 5000 VAh e os 30000 VAh. Como seria de esperar este gráfico corresponde à sobreposição da energia reativa e da energia ativa, uma vez que a energia aparente é obtida, através da soma vetorial da energia ativa e reativa, considerando também o fator de potência que durante esta semana apresenta um valor médio de 0,84.

No que diz respeito à Distorção Harmónica Total (THDV (tensão) e THDA (corrente)) que corresponde à soma de todo o conteúdo harmónico do sinal de saída,

nomeadamente o conteúdo harmónico ímpar que afeta a componente fundamental obtiveram-se os seguintes valores de THD:

- Corrente do neutro – 123 %;
- Corrente da fase 1,2 e 3 – 40,5 %; 77,2 %; 27,6 %;
- Tensão da fase 1,2 e 3 – 2,85 %; 2,75 %; 2,78 %.

Em termos de distorção harmónica total de corrente, os índices neste edifício B de informática são muito elevados, devido ao comportamento das cargas não lineares deste edifício de informática, nomeadamente os computadores, como tal sugere-se a instalação de um filtro ativo no quadro geral de baixa tensão (subcapítulo 7.3) relativo à implementação de um filtro ativo no quadro geral deste edifício.

Consumo semanal de energia ativa total média

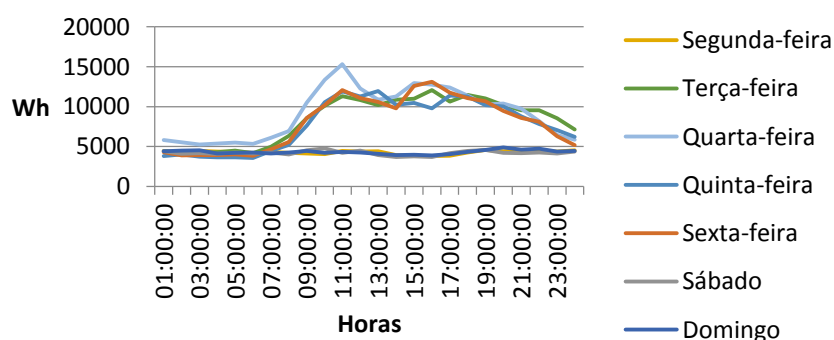


Figura 62 - Consumo semanal de energia ativa total média edifício G.

No caso deste edifício G, é necessário fazer uma nota prévia relacionada com a segunda-feira que corresponde a um feriado nacional. Além disso pode-se comprovar que na quarta-feira às 11:00 horas ocorreu um pico no consumo de energia elétrica, com um valor de pico de potência de 14,84 kW. Os valores do consumo de energia elétrica ativa no edifício G rondam entre os 4000 Wh e os 16000 Wh. Tal como no caso do edifício B, este edifício é composto por laboratórios de química nomeadamente no 3 piso, o que implica o funcionamento contínuo de certos equipamentos para estarem disponíveis aquando de uma determinada experiência química. Neste caso destacam-se os frigoríficos, máquinas de gelo, *hottes* industriais, estufas, muflas e fornos elétricos. No ANEXO A, encontra-se a lista dos equipamentos existentes no edifício G com as principais características associadas.

Consumo semanal de energia reativa total média

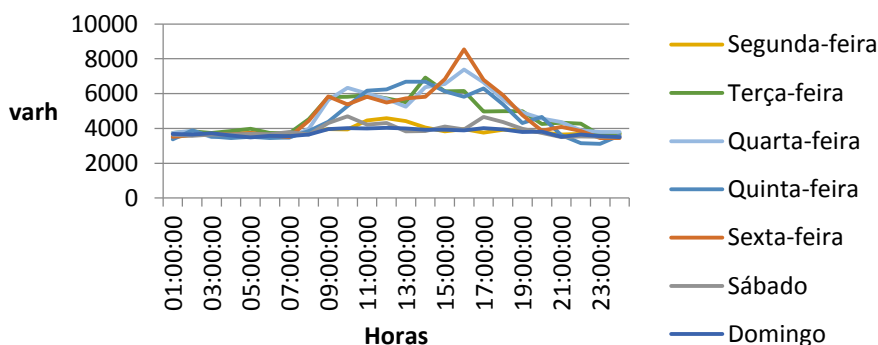


Figura 63 - Consumo semanal de energia reativa total média edifício G.

Os valores do consumo de energia elétrica reativa no edifício G rondam entre os 4000 varh e os 16000 varh. O valor de pico de potência reativa alcançado ao longo desta semana corresponde a 9,56 kvar às 16:00 de sexta-feira.

Consumo semanal de energia aparente total média

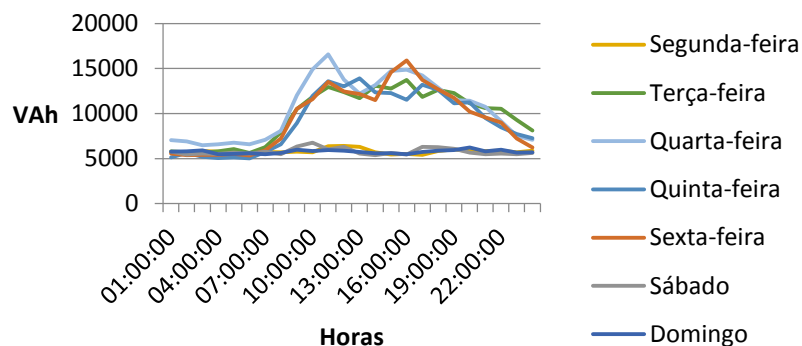


Figura 64 - Consumo semanal de energia aparente total média edifício G.

Os valores do consumo de energia elétrica aparente no edifício G rondam entre os 5000 VAh e os 17000 VAh. Como seria de esperar este gráfico corresponde à sobreposição da energia reativa e da energia ativa, uma vez que a energia aparente é obtida, através da soma vetorial da energia ativa e reativa, considerando também o fator de potência que durante esta semana apresenta um valor médio de 0,77.

Consumo semanal de energia ativa total média

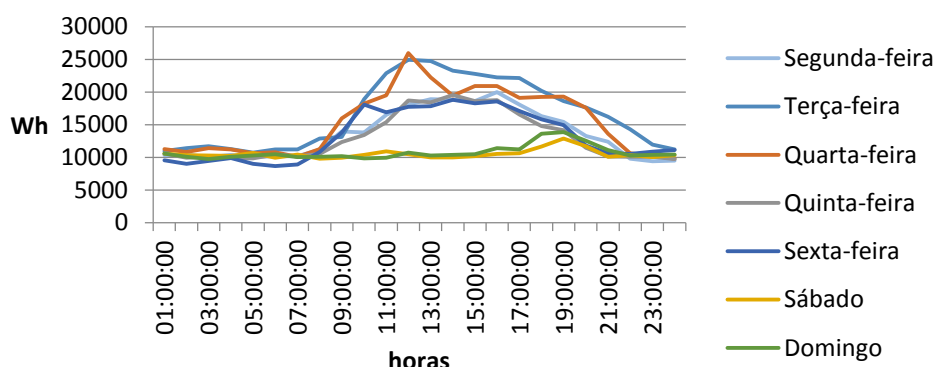


Figura 65 - Consumo semanal de energia ativa total média no GRAQ.

Os valores do consumo de energia eléctrica ativa no departamento do GRAQ rondam entre os 5000 Wh e os 30000 Wh (edifício G). Comprova-se ainda a ocorrência de um pico em termos de consumo de energia na ordem dos 25000 kWh correspondente a um pico de potência de 42,44 kW na quarta-feira 11:29:37. O departamento GRAQ possui um quadro geral com um ramal de alimentação eléctrica directamente do posto de transformação do ISEP, independentemente de estar inserido no primeiro piso do edifício G. Tal como no edifício B, este edifício é composto, essencialmente, por laboratórios de química, o que implica o funcionamento contínuo de certos equipamentos para estarem disponíveis aquando de uma determinada experiência química. Neste caso destacam-se os frigoríficos, *hottes* industriais, estufas, muflas e fornos eléctricos. No ANEXO A, encontra-se a lista dos equipamentos existentes no edifício G com as principais características associadas.

Na Figura 66 estão contemplados os consumos semanais de energia reativa do departamento de Investigação GRAQ.

Consumo semanal de energia reativa total média

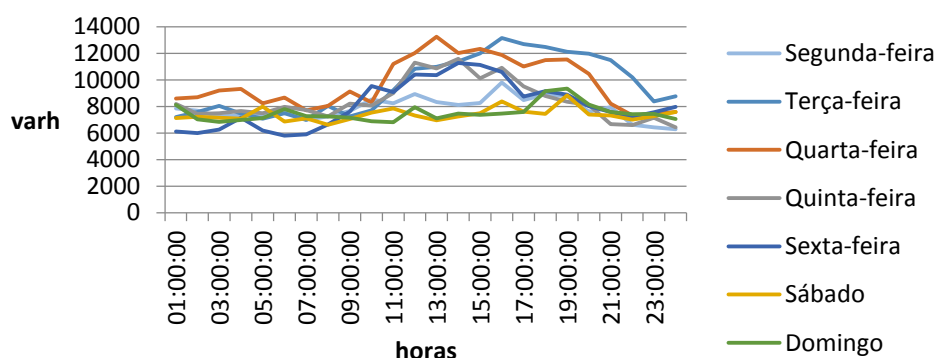


Figura 66 - Consumo semanal de energia reativa total média no GRAQ.

Os valores do consumo de energia elétrica reativa ao departamento GRAQ rondam entre os 6000 varh e os 14000 varh.

Consumo semanal de energia aparente total média

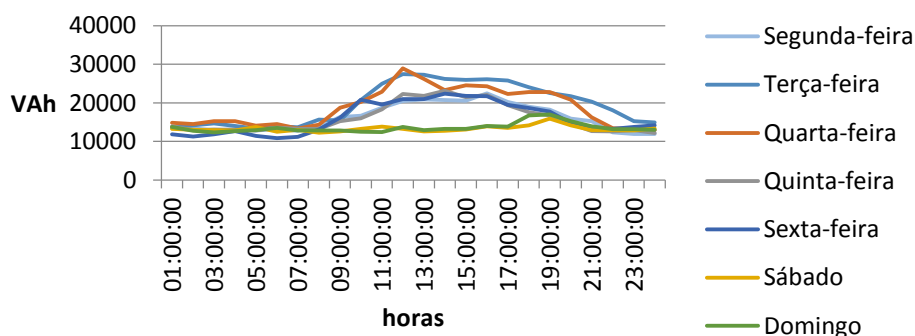


Figura 67 - Consumo semanal de energia aparente total média no GRAQ.

Os valores do consumo de energia elétrica aparente ao departamento GRAQ rondam entre os 10000 VAh e os 30000 VAh. Como seria de esperar este gráfico corresponde à sobreposição da energia reativa e da energia ativa, uma vez que a energia aparente é obtida, através da soma vetorial da energia ativa e reativa, considerando também o fator de potência que durante esta semana apresenta um valor médio de 0,833.

No que diz respeito à Distorção Harmónica Total (THDV (tensão) e THDA (corrente)) que corresponde à soma de todo o conteúdo harmónico do sinal de saída,

nomeadamente o conteúdo harmónico ímpar que afeta a componente fundamental obtiveram-se os seguintes valores de THD:

- Corrente do neutro - 26%;
- Corrente da fase 1 - 6,57%;
- Corrente da fase 2 - 7,4%;
- Corrente da fase 3 - 8,59%;
- Tensão da fase 1 – 2,34%;
- Tensão da fase 2 – 2,23%;
- Tensão da fase 3 – 2,18%.

Neste caso salienta-se o facto da corrente do neutro possuir um THDA percentual relativamente elevado.

Na Figura 68 estão presentes os consumos semanais de energia ativa afeta ao edifício H.

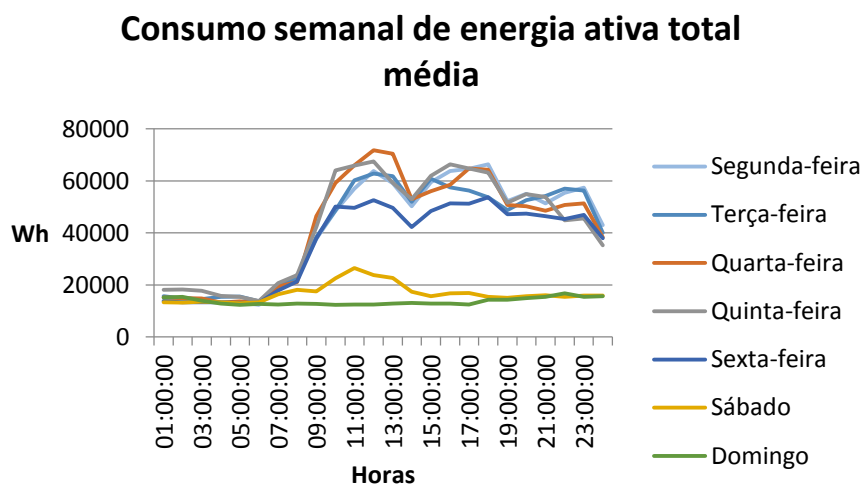


Figura 68 - Consumo semanal de energia ativa total média no edifício H.

Neste caso os valores do consumo de energia elétrica ativa no edifício H rondam entre os 10000 Wh e os 80000 Wh (edifício H). Comprova-se ainda a ocorrência de um pico em termos de consumo de energia na ordem dos 70000 kWh correspondente a um pico de potência de 93,8 kW.

Na Figura 68 estão presentes os consumos semanais de energia reativa do edifício H.

Consumo semanal de energia reativa total média

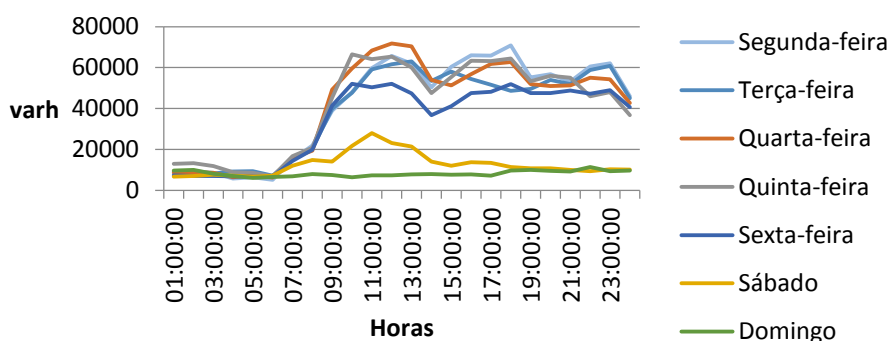


Figura 69 - Consumo semanal de energia reativa total média no edifício H.

Os valores do consumo de energia elétrica reativa ao departamento GRAQ rondam entre os 5000 varh e os 80000 varh. Relativamente ao valor de pico de potência reativa corresponde 95,4 kvar na quinta-feira 17:00 horas.

Consumo semanal de energia aparente total média

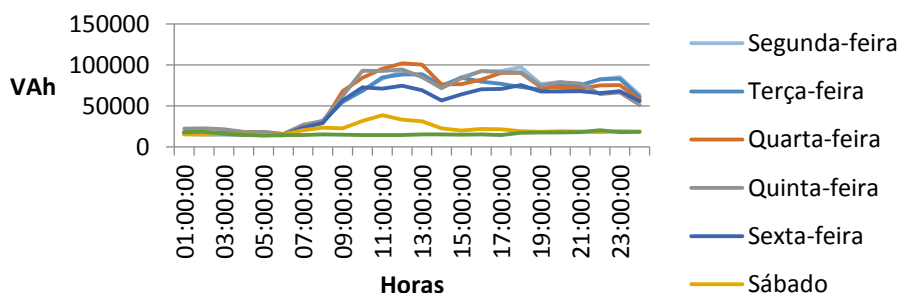


Figura 70 - Consumo semanal de energia aparente total média no edifício H.

Os valores do consumo de energia elétrica aparente ao departamento GRAQ rondam entre os 10000 VAh e os 100000 VAh. Como seria de esperar este gráfico corresponde à sobreposição da energia reativa e da energia ativa, uma vez que a energia aparente é obtida, através da soma vetorial da energia ativa e reativa, considerando também o fator de potência que durante esta semana apresenta um valor médio de 0,78.

No que diz respeito à Distorção Harmónica Total (THDV (tensão) e THDA (corrente)) que corresponde à soma de todo o conteúdo harmónico do sinal de saída,

nomeadamente o conteúdo harmónico ímpar que afeta a componente fundamental obtiveram-se os seguintes valores de THD:

- Corrente do neutro – 90 %
- Corrente da fase 1 – 12,82 %
- Corrente da fase 2 – 19,03 %
- Corrente da fase 3 – 21,06 %
- Tensão da fase 1 – 2,81 %
- Tensão da fase 2 – 2,85 %
- Tensão da fase 3 – 2,71 %

Apresenta-se agora na Figura 71, a estrutura de consumos de energia eléctrica associada aos edifícios B, G, H, e ao departamento do GRAQ.

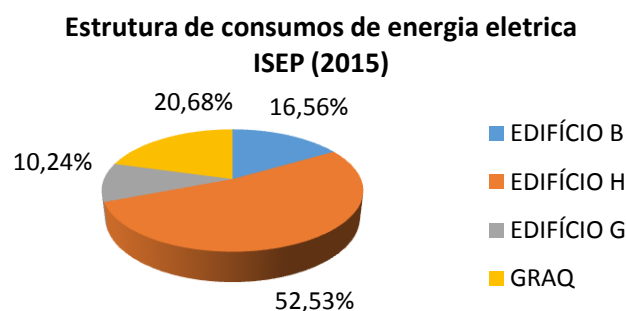


Figura 71 - Estrutura de consumos de energia eléctrica ISEP (2015).

Através da análise deste gráfico pode-se concluir que o edifício H, como seria de esperar, corresponde ao edifício que apresenta valores mais elevados em termos de consumo de energia eléctrica, pois este edifício é constituído por um maior número de pisos, face aos outros edifícios, e além disso possui um maior número de salas de aula e de gabinetes. No último piso, além dos gabinetes de docentes, este piso é constituído por quatro laboratórios: dois associados às aulas práticas de física experimental; um relativo às aulas práticas de termodinâmica e por último o laboratório associado às atividades de instrumentação médica e metrologia.

De relevar ainda, o facto do departamento GRAQ, que se situa no 1º piso do edifício G, possuir um consumo de energia eléctrica maior relativamente ao edifício B e em relação ao 2º e 3º pisos do edifício G. Este maior consumo de energia eléctrica ativa por parte do departamento GRAQ, está associado aos inúmeros equipamentos, devidamente caracterizados na lista de equipamentos (exemplo: arcas frigoríficos, estufas, muflas, micro-ondas, *hottes* industriais, entre outros) relativo às atividades de

investigação, onde é necessário realizar diversas análises e preparações de amostras químicas associadas às cromatografias (líquidas e gasosas e como tal é necessário que o compressor de ar esteja sempre em funcionamento de forma a fornecer ar comprimido para a geração de azoto, além disso as *SPLITS* encontram-se em constante funcionamento.

Os laboratórios do GRAQ utilizam, ainda espectrofotómetros associados à espectrometria molecular e atómica, potenciostato/galvanostato relacionados com a eletroquímica, ou seja existe uma panóplia de equipamentos que funcionam, alguns deles, durante dois turnos, ou seja correspondente a 16 horas.

6.14.15. Monitorização dos Quadros parciais dos edifícios B, G, H, e do departamento GRAQ

Enquanto nos quadros gerais foi utilizado o analisador de energia portátil *Fluke 434*, no caso dos quadros parciais de cada edifício utilizou-se uma pinça *Power Harmonics & Leakage Tester*, equipamento esse que nos permite obter valores de corrente, tensão, potências ativa, aparente e reativa, bem como o fator de potência e componentes harmónicas de corrente e tensão, para a análise dos consumos de energia eléctrica, dada a facilidade e rapidez de efetuar as leituras, pois existem vários quadros parciais em cada um dos três edifícios. Para isso, foi colocada a pinça em cada uma das fases e as pontas de prova da pinça entre as outras duas fases, tal como se apresenta na Figura 72, sendo que o valor total corresponde à soma vetorial das 3 fases.

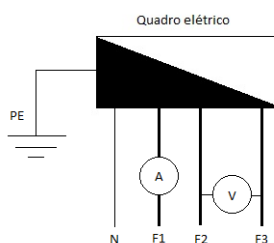


Figura 72 - Método de medição voltímetro-ampérímetro.

Através deste método (voltímetro-ampérímetro), retiraram-se os valores pretendidos para todos os quadros eléctricos parciais.

Foram feitas desta forma, três amostragens de valores instantâneos, sendo após efetuada uma média das respetivas amostras, valores esses que se apresentam nas Tabela 37, Tabela 38, Tabela 39, para os edifícios B, G e H, respetivamente.

Tabela 37 - Resultados obtidos para o edifício B.

| Parâmetros | Edifício B (Média das Amostragens) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Piso 1 | | | | Piso 2 | | | Piso 3 | | | | Piso 4 | | | | | |
| | QGB - QP1 | QP1-QL1 1 | QP1-QL1 2 | QP1-ELEVADOR | QGB - QP2 | QP2-QL2 1 | QP2-QL2 2 | QGB - QP3 | QP3-QL3 1 | QP3-QL3 2 | QP3-QL3 3 | QGB - QP4 | QP4-QL4 1 | QP4-QL4 2 | QP4-QL4 3 | QP4-QL4 4 | QP4-QL4 5 |
| I (A) | 25,4 | 0,142 | 0,722 | 2,067 | 7,36 | 0,137 | 2,8 | 17,4 | 1,6 | 1,2 | 7,6 | 20,4 | 1,07 | 1,07 | 2,37 | 1,96 | 0,93 |
| U (V) | 242,8 | 244 | 244 | 248,2 | 244,3 | 246,7 | 248,4 | 239 | 248,2 | 246,9 | 244,9 | 246,7 | 247,8 | 249,8 | 247,8 | 245 | 245,6 |
| P (W) | 5053 | 18 | 178 | 3520 | 1768 | 13 | 352 | 1432 | 312 | 226 | 1237 | 3678 | 182 | 187 | 523 | 333 | 109 |
| S (VA) | 6132 | 34 | 185 | 5321 | 1832 | 34 | 705 | 2731 | 427 | 312 | 2158 | 4916 | 223 | 229 | 779 | 427 | 203 |
| Q (var) | 2579 | 29 | 52 | 3780 | 698 | 31 | 610 | 2280 | 282 | 186 | 1679 | 3347 | 83 | 89 | 357 | 207 | 157 |
| Cos φ | 0,924 | 0,512 | 0,958 | 0,689 | 0,94 | 0,424 | 0,5 | 0,545 | 0,687 | 0,776 | 0,513 | 0,737 | 0,891 | 0,739 | 0,891 | 0,693 | 0,479 |

Sendo que:

QGBT- Quadro geral de baixa tensão;

QP – Quadro parcial referente a cada piso;

QL – Quadro do Laboratório.

Tendo em consideração que a tensão é praticamente constante, a corrente, como seria de esperar, está diretamente relacionada com a potência consumida. Por estas amostras dos consumos energéticos e comparando-as com as potências instaladas, facilmente concluímos que os dispositivos de proteção estão sobredimensionados, dado que as correntes elétricas consumidas pelos respetivos quadros elétricos são muito inferiores ao calibre desses mesmos aparelhos.

Pode-se verificar que o consumo de energia elétrica médio instantâneo do quadro parcial do primeiro piso é superior ao consumo de energia elétrica médio instantâneo dos outros quadros parciais por piso. Pode-se também constatar que o elevador é responsável por um consumo energético instantâneo significativo.

Tabela 38 - Resultados obtidos para o edifício G.

| Parâmetros | Edifício G (Média das Amostragens) | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------------------|------------------|------------|---------|----------|------------|-----------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Piso 1 | | | Piso 2 | | | | | Piso 3 | | | | |
| | PT-QGRAQ | QGRAQ-COMPRESSOR | QGRAQ-G106 | PT-QGP2 | QGP2-QP2 | QGP2-QG201 | QGP2-QCALDEIRAS | QGP2-QG202 | QGP2-QP3 | QP3-QPL1 | QP3-QPL2 | QP3-QPL3 | QP3-QPL5 |
| I (A) | 38,03 | 1,514 | 12,44 | 28,4 | 2,29 | 1,273 | 7,4 | 0,5 | 12,3 | 5,8 | 5,3 | 2,4 | 0,512 |
| U (V) | 244,3 | 244 | 248,2 | 242,8 | 246,7 | 248,4 | 248,7 | 245 | 239 | 248,2 | 246,9 | 248,7 | 246,7 |
| P (W) | 5632 | 220 | 2439 | 5170 | 389,5 | 265 | 2431 | 86 | 4578 | 542,6 | 896 | 603,2 | 49,1 |
| S (VA) | 8310 | 378,1 | 3033 | 5908 | 537,3 | 313 | 2578 | 130 | 6327 | 1447 | 1329 | 684,7 | 126 |
| Q (var) | 3257 | 328,2 | 1076 | 1780 | 349,8 | 167 | 690 | 98 | 2341 | 1333 | 987 | 315,3 | 115,9 |
| Cos ϕ | 0,85 | 0,512 | 0,82 | 0,939 | 0,73 | 0,843 | 0,961 | 0,66 | 0,437 | 0,371 | 0,667 | 0,886 | 0,385 |

Sendo que:

PT - Posto de transformação;

QGRAQ – Quadro geral do departamento de investigação científica de química;

QP – Quadro do parcial referente ao piso;

QGAB – Quadro do parcial dos gabinetes do 2º piso;

QL – Quadro do Laboratório.

Tal como já foi referido anteriormente, constata-se que o consumo de energia elétrica médio instantâneo do quadro geral do GRAQ do primeiro piso é superior ao consumo de energia elétrica médio instantâneo dos outros quadros parciais por piso, pois nos laboratórios do GRAQ são utilizados equipamentos de maior potência. Relativamente aos laboratórios, verifica-se um consumo mais elevado para o laboratório G106 não só devido às suas dimensões, o que implica maior número de tomadas e luminárias, mas também devido à existência de arcas frigoríficas, estufas, muflas, *hottes* de extração, entre outras.

Tabela 39 - Resultados obtidos para o edifício H.

| Parâmetros | Edifício H (Média das amostragens) | | | | | | | |
|------------|------------------------------------|----------|----------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|
| | Piso 2 | | Piso 3 | | | Piso 4 | Piso 5 | |
| | PT-QGH | QGH-QPP2 | QGH-QPP3 | QPP3-QLH304 | QPP3-QLH305 | QGH-QPP4 | QGH-QPP5 | QPP5-QLH506 |
| I (A) | 15,4 | 3,3 | 13,59 | 2,490 | 0,99 | 8,687 | 4,163 | 0,7 |
| U (V) | 247,8 | 248 | 244,4 | 244,5 | 244,8 | 244,6 | 244,7 | 244,4 |
| P (W) | 4318 | 597,8 | 3189 | 211,4 | 265 | 2428 | 989,4 | 176,6 |
| S (VA) | 4617 | 666,9 | 3307 | 630,3 | 313 | 2768 | 1032 | 216,2 |
| Q (var) | 1640 | 345,6 | 851 | 314 | 188,6 | 663 | 268 | 126,6 |
| Cos | 0,939 | 0,452 | 0,964 | 0,965 | 0,443 | 0,956 | 0,963 | 0,816 |

Sendo que:

PT - Posto de transformação;

QGH – Quadro geral do edifício H;

QPP – Quadro do parcial de piso;

QL – Quadro do Laboratório.

Como seria de esperar pela análise da Tabela 39, o consumo de energia elétrica médio instantâneo do quadro parcial do terceiro piso é superior ao consumo de energia elétrica médio instantâneo dos outros quadros parciais por piso, uma vez que neste piso é onde existe uma maior concentração de aulas, correspondente ao departamento de matemática. O quarto piso é essencialmente constituído por gabinetes e está associado ao departamento de física. Por fim o quinto piso é particularmente constituído por quatro laboratórios onde ocorrem aulas práticas de física experimental, termodinâmica e de instrumentação médica. Além disso, o quinto edifício é também composto por gabinetes.

6.14.16. Análise das componentes harmónicas

Depois de efetuada a análise dos consumos energéticos dos quadros elétricos, procedeu-se ao levantamento da distorção harmónica de corrente e tensão apenas para os quadros parciais de cada piso para os três edifícios, sendo que, apenas tem interesse a análise dos harmónicos de ordem ímpar, nomeadamente desde a componente fundamental até à vigésima primeira ordem, pois estes são os que provocam maior distorção nas ondas de corrente e tensão. Normalmente quanto menor for a frequência, maior será a sua distorção harmónica.

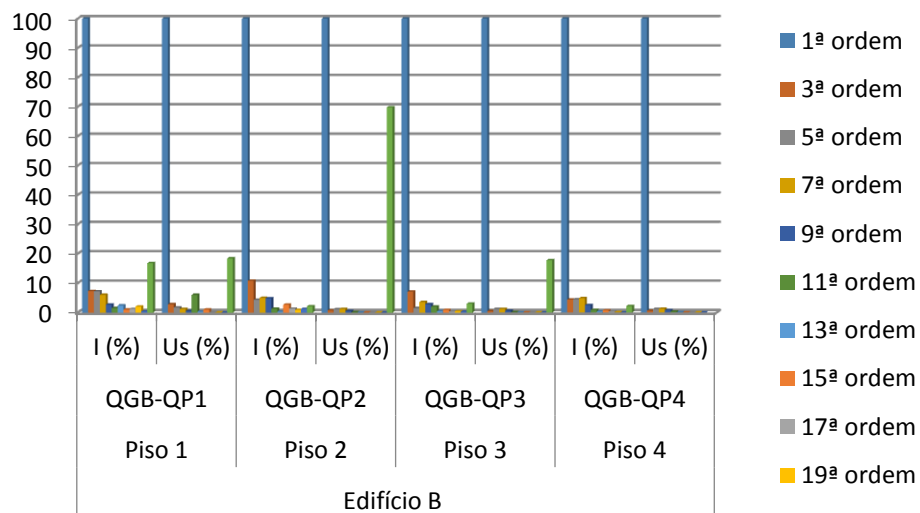


Figura 73 - Componentes harmónicas e THD de corrente e da tensão Edifício B.

Na Figura 73 apresentam-se as Componentes harmónicas e THD de corrente e da tensão relativos ao Edifício B.

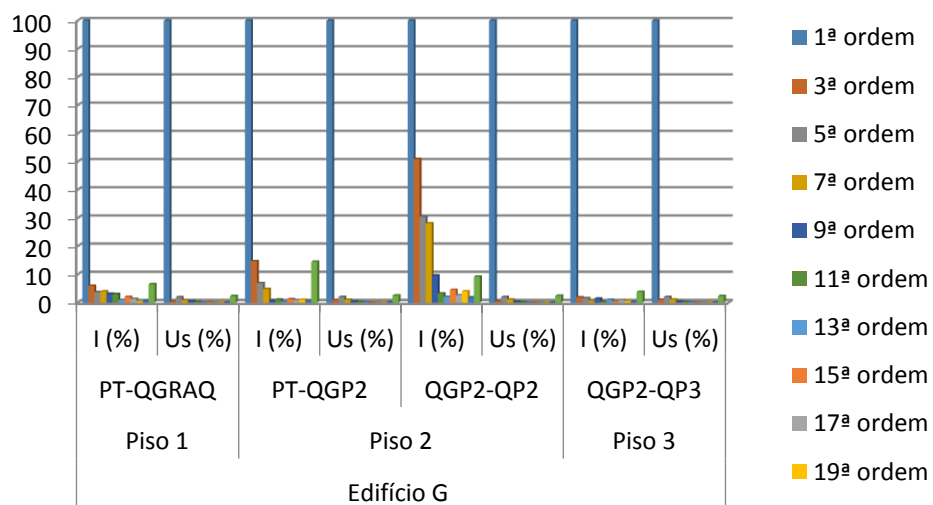


Figura 74 - Componentes harmónicas e THD de corrente e da tensão Edifício G.

Na Figura 74 apresentam-se as Componentes harmónicas e THD de corrente e da tensão relativos ao Edifício G.

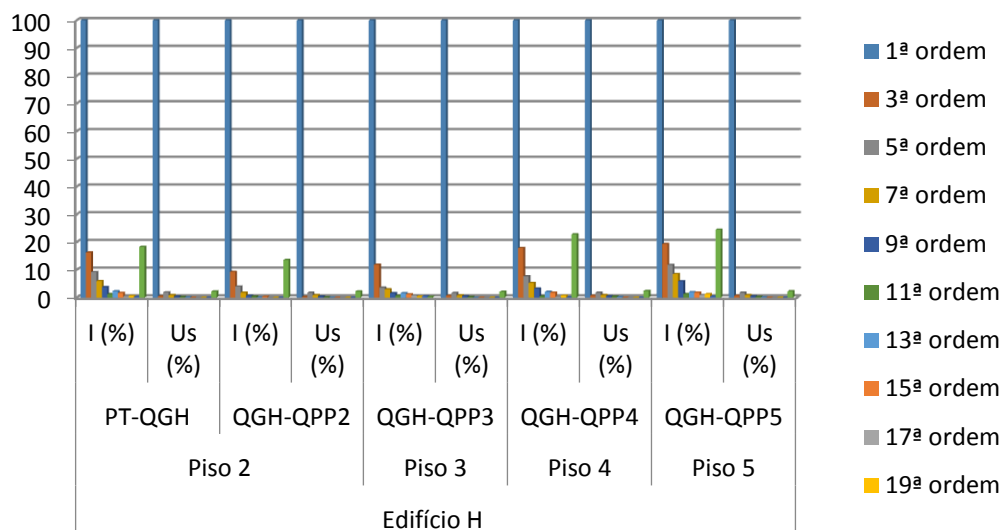


Figura 75 - Componentes harmónicas e THD de corrente e da tensão Edifício H.

Na Figura 75 apresentam-se as componentes harmónicas e THD de corrente e da tensão relativos ao Edifício H. Estes resultados demonstram que a distorção harmónica na onda da corrente é maior do que a que se verifica na da tensão.

Como se pode examinar, as componentes harmónicas de terceira, quinta e sétima ordens são as que apresentam uma maior percentagem de deformação, sendo que consoante o maior o grau da componente harmónica mais residual é o seu conteúdo face à componente fundamental, o que por vezes não é o que se sucede face à existência de cargas não-lineares.

Tabela 40 - Plano de monitorização (Qualidade de energia) [44].

| Perturbação | Período de medição | Variável física associada |
|--|--------------------|--|
| Variação da amplitude da tensão | 1 Semana | Valor eficaz da tensão num condutor de fase |
| Variações rápidas da tensão | | |
| Tremulação (<i>Flicker</i>) | | |
| Interrupções breves | 1 Ano | |
| Interrupções longas | | |
| Desequilíbrios de tensão entre fases | 1 Semana | Valor eficaz da tensão nos três condutores de fase |
| Cavas de tensão | | |
| Sobretensões temporárias à frequência industrial | 1 Ano | |
| Sobretensões transitórias | | Valor instantâneo da tensão |
| Harmónicos | 1 Semana | Forma de onda com uma frequência de amostragem a especificar |
| Inter-harmónicos | | |

Na Tabela 40 está definido o plano de monitorização, com os tipos de perturbações; os períodos de medição e as variáveis físicas associadas.

6.14.17. Funcionamento dos queimadores das caldeiras

Para realizar o controlo do estado de funcionamento dos queimadores das caldeiras é necessário efetuar análises à composição dos gases de combustão (medição térmica) das mesmas, por técnicos especializados de manutenção. De forma a ter um conhecimento aprofundado relativamente as características operacionais dos queimadores de gás natural, nomeadamente os parâmetros em termos de teor de oxigénio, e dióxido de carbono e da temperatura do gás utilizado para a combustão do queimador que afeta a eficiência energética dos mesmos.

Com essa monitorização dos parâmetros associados à combustão do gás natural é possível saber se existe um excesso de ar durante o processo de combustão e assim é possível saber se os queimadores de gás natural estão bem regulados, poderá ser utilizado o analisador de gases de combustão *kit* teste 310 (subcapítulo 4.3.10).

6.14.18. Aplicação

Medindo os parâmetros do gás de combustão do queimador (CO, O₂, temperatura, etc.)

A medição do gás de combustão para um sistema de aquecimento ajuda a estabelecer os poluentes libertados pelo gás de combustão (exemplo: monóxido de carbono CO) e as perdas associadas a esse processo de combustão [46].

7. Medidas de Melhoria do Desempenho Energético

Neste capítulo foram propostas medidas, com o intuito de melhorar o desempenho energético do ISEP em termos de sistemas de iluminação com o orçamentos e os cálculos da viabilidade técnico económica da instalação desses equipamentos, nomeadamente em termos de instalação de detetores de presença e crepusculares; substituição das atuais lâmpadas das salas de aula dos edifícios B e H por leds; instalação de balastros eletrónicos, implementação combinada de tubos solares com lâmpadas com o protocolo dali para os corredores do último piso dos edifícios B e H. Foi também feito um estudo técnico económico da implementação de caldeiras a pellets para o aquecimento central do ISEP. Além disso, dado o elevado conteúdo harmónico no edifício B e ao baixo fator de potência, foi também proposto a instalação de um filtro ativo no quadro geral deste edifício. Por fim estudou-se a possibilidade de substituir o atual sistema de splits no departamento do GRAQ, que se encontram em funcionamento contínuo, por um sistema de splits mais eficientes e com tecnologia DC inverter de forma a ajustar os consumos energéticos às reais necessidades de aquecimento e arrefecimento.

7.1. Medidas propostas em termos de iluminação

Sendo o sistema de iluminação considerado um sistema de energia com consumo significativo de energia no ISEP, segundo os critérios de identificação de USE para os sistemas de energia que foram definidos, neste seguimento foram elaboradas propostas para melhorar o desempenho energético nesta vertente, considerando a análise técnica económica de cada proposta de solução.

7.1.1. Solução para as salas do ISEP

Com esta solução pretende-se analisar a viabilidade da implantação de um controlo de iluminação automático, baseado num detetor de movimento e de luminosidade (interruptor crepuscular), sendo que o detetor de movimento deverá

reiniciar a sua temporização sempre que detete um novo movimento na sua área de deteção e o detetor de luminosidade impedirá a ligação da iluminação artificial sempre que a iluminação natural seja suficiente para garantir os níveis de luminosidade necessários para o exercício da atividade. Além disso, pretende-se possuir um comando manual, à entrada da sala de aula, de forma a sobrepor-se ao funcionamento dos detetores automáticos, funcionando como corte geral. Na Figura 76 encontra-se o sistema de iluminação implementado na sala H208 em formato de *Autocad*.

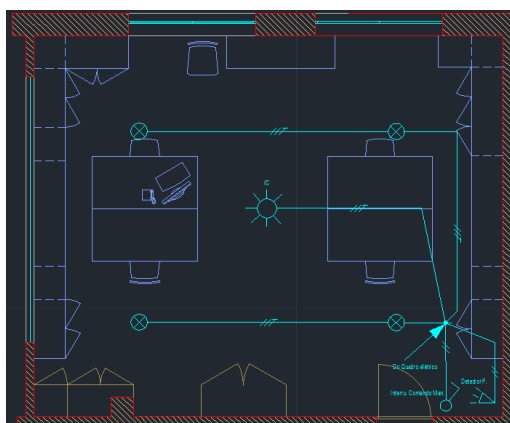


Figura 76 - Sistema de iluminação implementado na sala H208.

Nota: Os cálculos do retorno de investimento foram realizados para todos as salas que possuem janelas

É necessário referir que o detetor de presença está em série com o interruptor crepuscular pois, o detetor de movimento deverá reiniciar a sua temporização sempre que detete um novo movimento na sua área de deteção e o detetor de luminosidade impedirá a ligação da iluminação artificial sempre que a iluminação natural seja suficiente para garantir os níveis de luminosidade. Relativamente ao comando manual (interruptor simples) este deverá estar em paralelo com os outros dois para se sobrepor ao funcionamento dos detetores automáticos.

Na Figura 77 apresenta-se a especificação dos equipamentos, necessários.

[illegible]

Figura 77 - Especificação dos equipamentos

Depois de especificar nos anexos [E](#), [G](#) e [H](#) as características dos detetores automáticos, bem como das canalizações, desenhou-se o diagrama unifilar dos circuitos correspondentes a esses mesmos equipamentos e canalizações elétricas. Obtendo a Figura 78.

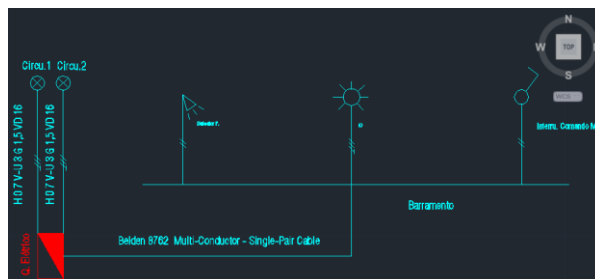


Figura 78 - Diagrama unifilar do sistema de iluminação nas salas de aula.

As canalizações elétricas para as luminárias são, H07V-K3G1.5 VD16 (regras técnicas de baixa tensão), ou seja são canalizações embebidas, isoladas a PVC com três condutores com secção de 1.5 mm^2 (10 A corrente), incluindo o condutor de proteção (canalização elétrica monofásica) e para os detetores automáticos o tipo de cabo que pode ser implementado é o *belden8762 multi-condutor-Single pair cable*.

7.1.2. Estudo da Viabilidade económica

De forma a se poder fazer a uma análise económica, foi escolhido uma das salas do edifício B (3º piso) do ISEP e sabendo que as luminárias já instaladas são do tipo fluorescente T8 com 2 lâmpadas de 36 W, segundo a Figura 79.



Figura 79 - Características da luminária utilizada sala B311.

Quanto à representação das linhas isográficas, considerando o plano de trabalho obteve-se a Figura 80:

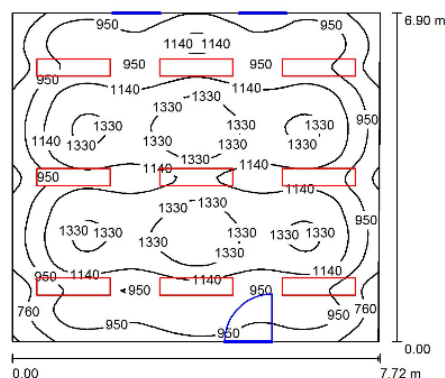


Figura 80 - Representação das linhas isográficas.

Os resultados luminotécnicos obtidos para as várias superfícies estão representados na Tabela 41.

Tabela 41 - Resultados luminotécnicos

| Superfície | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|--------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano de uso | / | 1094 | 552 | 1469 | 0.504 |
| Solo | 20 | 973 | 572 | 1348 | 0.588 |
| Tecto | 80 | 177 | 120 | 215 | 0.679 |
| Paredes (4) | 50 | 444 | 165 | 746 | / |

Plano de uso:

Altura: 0.800 m
Grelha: 64 x 64 Pontos
Zona marginal: 0.000 m

Sabendo qual o horário de funcionamento da sala B311 e que não funciona aos Domingos, nem durante o mês de Agosto, e tendo em conta o ciclo horário ser semanal com feriados. Sabendo, ainda, que se trata de uma tarifa tetra-horária, sendo o comercializador de energia a GALP ENEGIA. O grau de utilização do ISEP corresponde a 3630,79 horas de utilização, o que ultrapassa as 2000 h anuais, como tal trata-se de uma tarifa de longas utilizações. O tarifário do contrato corresponde a energias+redes MT. Sendo assim os custos apresentam-se na Tabela 42.

Tabela 42 - Tarifário energético do ISEP.

| Horas de Vazio Normal (€/kWh) | Horas de Super Vazio (€/kWh) | Horas de Ponta (€/kWh) | Horas de Cheias (€/kWh) |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| 0,054 | 0,0459 | 0,0689 | 0,0627 |

Número de horas no Verão, considerando o período de férias, em Agosto e os domingos:

Durante a Semana

Período II- (91-24 (Domingos+Sábados)) =67 dias

Período III- (61-16 (Domingos+Sábados)) = 45 dias

Considerando o dia de terça-feira (2º semestre)

$$\text{Horas de funcionameto cheias} = 5h \times (67 \text{ dias} + 45 \text{ dias}) = 560 \frac{\text{horas}}{\text{ano}} \quad (1)$$

$$\text{Horas de funcionameto ponta} = 3h \times (67 \text{ dias} + 45 \text{ dias}) = 336 \text{ horas/ano}$$

$$\begin{aligned} \text{Custoenergia} = & \left(\frac{249 (\text{luminárias}) \times 2 (\text{lâmpadas}) \times 58W}{1000} \right) \times 336 \text{ horas} \times 0,0689\text{€/kWh} \\ & + \left(\frac{249 (\text{luminárias}) \times 2 (\text{lâmpadas}) \times 58W}{1000} \right) \times 560 \text{ horas} \times 0,0627\text{€/kWh} \end{aligned} \quad (2)$$

O custo anual, no Verão corresponde a 1682,85 €:

Cálculo número de horas no Inverno:

Durante a Semana

Período I- (90-24 (domingos+Sábados)) =66 dias

Período IV- (92 -24 (domingos+Sábados)) =68 dias

$$\text{Horasdefuncionameto ponta} = 3,5h \times (66 \text{ dias} + 68 \text{ dias}) = 469 \frac{\text{horas}}{\text{ano}} \quad (3)$$

$$\text{Horasdefuncionametocheias} = 4,5h \times (66 \text{ dias} + 68 \text{ dias}) = 603 \text{ horas/ano}$$

$$\begin{aligned} \text{Custoenergia} = & \left(\frac{249 (\text{luminárias}) \times 2 (\text{lâmpadas}) \times 58W}{1000} \right) \times 469 \text{ horas} \times \frac{0,0689\text{€}}{\text{kWh}} \\ & + \left(\frac{249 (\text{luminárias}) \times 2 (\text{lâmpadas}) \times 58W}{1000} \right) \times 603 \text{ horas} \times \frac{0,0627\text{€}}{\text{kWh}} \end{aligned} \quad (4)$$

O custo anual, no Inverno corresponde a: 2025,4 €

$$\text{Custo total} = 1682,85 + 2025,4 = 3708 \text{ €}$$

7.1.3. Opção poupança baseada em detetores de movimento e luminosidade

Após a instalação nessa sala de um sistema de controlo baseado num detetor de luminosidade e também de movimento, e considerando que a partir deste momento as luminárias vão estar apenas 70% do tempo em funcionamento/acesas, o custo de energia anual vai ser agora:

$$\text{Poupança} = 3708 \times 0,3 = 1112,5 \text{ €} \quad (3)$$

Temos então uma poupança de 1112,5 €/ano.

Através da consulta de um catálogo da empresa *Legrand*, constatou-se que um sensor de movimento comum possui um custo médio de 74,95 € e que um interruptor crepuscular tem um valor de 80,73 €. O interruptor simples têm um custo de (3.02 €).

Logo,

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Receita}} = \frac{26 (\text{salas}) \times (74,95 + 80,73 + 3,02)}{1112,5} = 3,9 \text{ anos} \quad (4)$$

7.1.4. Opção poupança baseada na instalação de leds nas salas de aula em questão

Pressupõe-se, agora, a instalação de leds para substituir as luminárias até aqui usadas de forma a baixar custo anual de energia.

As instalações de iluminações podem e devem ser concebidas tendo em atenção alguns fatores que são essenciais para a redução dos consumos de energia elétrica, sem no entanto afetarem as próprias condições globais da iluminação, como tal foi realizado um estudo luminotécnico.

O primeiro aspeto a considerar, é que se devem aproveitar ao máximo as condições de iluminação natural. Este parâmetro requer atuação ao nível dos projetos de arquitetura, prevendo uma colocação criteriosa das superfícies de entrada da luz e a utilização de cores corretas para os espaços envolventes (teto, parede e chão). A utilização de cores claras, de elevados fatores de reflexão, pode traduzir-se no aumento do rendimento dos sistemas de iluminação e numa redução do número de luminárias necessárias. Isto permite reduzir a potência instalada e a energia consumida quando em funcionamento, traduzindo-se portanto numa economia.

Tabela 43 - Fatores de reflexão.


| FACTORES DE REFLEXÃO | | |
|----------------------|------------------|--------------------|
| Tipo de superfície | Cor | Factor de reflexão |
| Tecto | Branco brilhante | 0,8 a 0,9 |
| Paredes | Cor clara | 0,5 a 0,7 |
| Chão | Cor escura | 0,1 a 0,3 |

As diferentes tarefas visuais requerem de níveis de iluminação diferentes, aconselhados pela Comissão Internacional de Iluminação. Para as salas de aula/escritórios, é aconselhado pela Comissão Internacional de Iluminação um nível de iluminância mínima de 500 lux e uniformidade por volta 40%.

A utilização de luminárias com armaduras de alto rendimento traduz-se num aumento dos custos de instalação mas permite reduzir os custos de manutenção e de exploração, reduzindo os consumos de energia. Uma armadura de alto rendimento, com refletores espelhados por exemplo, torna possível reduzir a potência instalada ($\pm 20\%$) e aumenta o fluxo útil ($\pm 30\%$).

Estudo das salas de aula

As luminárias usadas são da marca ERCO, código 47813-000 e apresentam as seguintes características, expressas na Tabela 44.

| | | | |
|---|--------------------|-------|----|
|  | Corrente luminosa: | 2160 | lm |
| | Potência: | 28.0 | W |
| | Factor correcção: | 1.000 | |

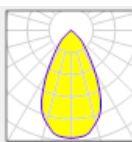


Tabela 44 - Tipo de Led a ser implementado.

A representação das linhas isográficas está representada na Figura 81.

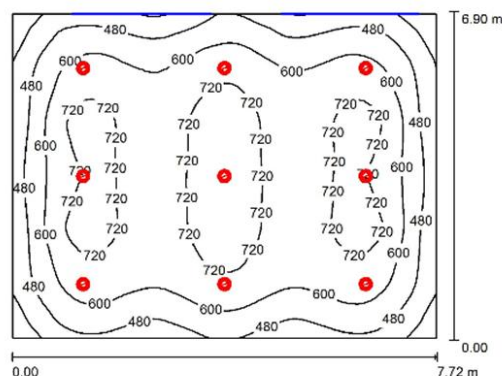


Figura 81 - Linhas isográficas após a instalação dos led's.

Através do *software dialux* obteve-se os níveis de iluminância e ao grau de uniformidade, tendo em conta o tipo de leds utilizado expressos na Tabela 45.

Tabela 45 - Resultados luminotécnicos

| Altura da sala: 3.000 m, Altura de montagem: 3.000 m, Factor de manutenção: 0.90 | | | | Valores em Lux, Escala 1:58 | |
|--|----------------|--------------------|------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Superfície | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
| Plano de uso | / | 610 | 249 | 815 | 0.505 |
| Solo | 20 | 548 | 282 | 701 | 0.515 |
| Tecto | 80 | 82 | 56 | 95 | 0.682 |
| Paredes (4) | 50 | 156 | 60 | 289 | / |
| Plano de uso: | | UGR | | | |
| Altura: | 0.800 m | Parede esquerda | Longitudinal- 18 | Transversal 18 | em relação ao eixo da luminária |
| Grelha: | 64 x 64 Pontos | Parede inferior | 18 | 18 | |
| Zona marginal: | 0.000 m | (CIE, SHR = 0.25.) | | | |

Apresenta-se na Tabela 46 as características técnicas relacionadas com este tipo de luminárias.

Tabela 46 - Características técnicas deste tipo de Leds.

| Item | Especificação |
|-------------------------|---------------------------------|
| Tipo | Embutido |
| Consumo | 28W |
| Voltagem | 90~250 VAC |
| Fator de Potência | <0.9 |
| Fluxo Luminoso Total | 2600 (2800~3000K) |
| | 2680 (4000~4500K) |
| | 2750 (5500~6500K) |
| Ângulo de abertura | 140° |
| IRC | >70 |
| Temperatura operacional | -30~60°C |
| Vida útil | 40.000 hr |
| Material | AL, PC |
| Dimensão | 190mm X 60mm Ø228mm (8") |
| Dimensão do furo | Ø 200mm |
| Fluxo Luminoso | 1170(1mt) / 280(2mt) / 134(3mt) |

Segundo a *ISO 8995:2002*, os valores de iluminância média recomendados para as tarefas visuais de escritório são as que se encontram na Tabela 47.

Tabela 47 - Valores de iluminância média recomendados para tarefas visuais de escritórios (*ISO 8995:2002*)

| Tarefas de Escritório | Iluminância média da tarefa |
|---|-----------------------------|
| - Arquivo, fotocópias, circulação, etc. | 300 lux |
| - Escrita, leitura e processamento de dados | 500 lux |
| - Desenho técnico | 750 lux |
| - Unidade de CAD | 500 lux |
| - Salas de conferências e de reunião | 500 lux |
| - Recepção | 300 lux |

Quanto aos valores de iluminância e uniformidade recomendados para a área da tarefa e da vizinhança em geral, segundo as normas *ISO 8995:2002* e *EN 12464:2001*, onde se incluem os escritórios:

Tabela 48 - Valores de iluminância e uniformidade recomendados (*ISO 12464:2001*)

| Área da tarefa lux | Área da vizinhança Lux |
|---------------------------|-------------------------------|
| ≥750 | 500 |
| 500 | 300 |
| 300 | 200 |
| ≤ 200 | igual à iluminância da tarefa |
| $E_{min} / E_{máx} = 0,7$ | $E_{min} / E_{máx} = 0,5$ |

Como se pode constatar, os resultados luminotécnicos obtidos com os *led's* escolhidos para o plano de uso cumprem com a norma *EN 12464:2001*.

7.1.5. Viabilidade económica da implementação de leds

Assim sendo, o custo anual previsto após a instalação dos *led's* é:

O custo anual, no Verão corresponde a:

Para as 26 salas

$$\begin{aligned} \text{Custoenergia} &= \left(\frac{249 \text{ (leds)} \times 28W}{1000} \right) \times 336 \text{ horas} \times \frac{0,0689\text{€}}{\text{kWh}} + \left(\frac{249 \text{ (leds)} \times 28W}{1000} \right) \\ &\quad \times 560 \text{ horas} \times 0,0627\text{€/kWh} \\ \text{Custoenergia} &= 406,2 \text{ €} \end{aligned} \quad (2)$$

Para as 26 salas

O custo anual, no Inverno corresponde a:

$$\begin{aligned} \text{Custoenergia} &= \left(\frac{249 \text{ (leds)} \times 28W}{1000} \right) \times 469 \text{ horas} \times \frac{0,0689\text{€}}{\text{kWh}} + \left(\frac{249 \text{ (leds)} \times 28W}{1000} \right) \\ &\quad \times 603 \text{ horas} \times 0,0627\text{€/kWh} \\ \text{Custoenergia} &= 488,89 \text{ €} \\ \text{Custo total} &= 895 \text{ €} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{Proveito} = 3708,3 \text{ €} (\text{custodaenergiacomalum. de } 36W) - 895\text{€} = 2813,3 \text{ €} \quad (3)$$

Logo,

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Receita}} = \frac{(249 \times 82,49)}{2813,3} = 7,3 \text{ anos} \quad (4)$$

Apesar das grandes vantagens que os leds possuem, como referidas anteriormente, o custo de aquisição desta tecnologia é um pouco elevada, o que torna esta solução um pouco inviável tendo em conta o tempo de retorno de investimento.

7.1.6. Opção poupança baseada em detetores de movimento/presença nos corredores dos edifícios

Após a instalação nessa sala de um sistema baseado em detetores de movimento/presença nos corredores dos edifícios; B, G e H do ISEP. Considera-se que a partir deste momento as luminárias vão estar apenas a funcionar apenas 30 % do tempo comparativamente com o estado atual.

Tabela 49 - Características das luminárias nos corredores dos referidos edifícios.

| Instalação | Local | PISO | Tipo de lâmpadas | Nº de Lâmpadas | Potência (W) | Nº de horas |
|------------|-------------------|-------|---------------------|----------------|--------------|-------------|
| ISEP | EDIFÍCIO H (HALL) | 2º | Fluorescente T8 | 40 | 36 | 16 |
| | | 3º | ORRAM DULUX COMPACT | 40 | 18 | 16 |
| | | 4º | ORRAM DULUX COMPACT | 40 | 18 | 16 |
| | | 5º | ORRAM DULUX COMPACT | 92 | 18 | 16 |
| | EDIFÍCIO G (HALL) | GRAQ. | LED HIXTEK | 6 | 9 | 12 |
| | | | Fluorescente T8 | 6 | 58 | 12 |
| | | 2º | LED HIXTEK | 28 | 9 | 16 |
| | | 3º | LED HIXTEK | 16 | 9 | 16 |
| | EDIFÍCIO B (HALL) | 1º | ORRAM DULUX COMPACT | 50 | 18 | 16 |
| | | 2º | ORRAM DULUX COMPACT | 50 | 18 | 16 |
| | | 3º | ORRAM DULUX COMPACT | 50 | 18 | 16 |
| | | 4º | ORRAM DULUX COMPACT | 50 | 18 | 16 |

Nº de horas de funcionamento anuais GRAQ.=12 horas x 246 dias=2952 horas

No caso dos outros edifícios:

Nº de horas de funcionamento anuais=16 horas x 246 dias=3198 horas

Neste caso considerou-se para os cálculos seguinte, o caso mais desfavorável, onde o preço a pagar pela energia ativa consumida é 0,0459 €/kWh (tarifa das horas de super vazio).

Tabela 50 - Consumo real de energia elétrica por parte das luminárias dos corredores dos referidos edifícios.

| Instalação | Local | PISO | E. consumida (kWh)/dia | E. consumida (kWh)/ano | Total (kWh/ano) | Total (€/ano) |
|------------|-------------------|-------|------------------------|------------------------|-----------------|---------------|
| ISEP | EDIFÍCIO H (HALL) | 2º | 23,04 | 5667,84 | 17853,696 | 819,48465 |
| | | 3º | 11,52 | 2833,92 | | |
| | | 4º | 11,52 | 2833,92 | | |
| | | 5º | 26,496 | 6518,016 | | |
| | EDIFÍCIO G (HALL) | GRAQ. | 0,648 | 159,408 | 2745,36 | 126,01202 |
| | | 2º | 4,032 | 991,872 | | |
| | | 3º | 2,304 | 566,784 | | |
| | EDIFÍCIO B (HALL) | 1º | 14,4 | 3542,4 | 14169,6 | 650,38464 |
| | | 2º | 14,4 | 3542,4 | | |
| | | 3º | 14,4 | 3542,4 | | |
| | | 4º | 14,4 | 3542,4 | | |
| | Total | | | | | 34768,656 |

$$Custoenergiatotal = 1595,9 \text{ €} \quad (2)$$

Sistema baseado em detetores de movimento/presença:

$$Proveito = 1595,9 \times 0,7 = 1117,1 \text{ €/ano} \quad (3)$$

7.1.7. Orçamento:

Tendo em conta que existem quatro corredores no edifício B e H, e três corredores no edifício G são necessários 11x2 detetores de movimento.

Através da consulta do catálogo da empresa *Legrand*, constatou-se que um sensor de movimento comum tem um custo médio de 74,95 €. Desta forma, considerando o valor da sua instalação de 30 %, obteve-se o seguinte investimento:

$$Investimento = 1,3 \times (74,95) \times 22 = 2143,6 \text{ €}$$

Logo,

$$Payback = \frac{Investimento}{Receita} = \frac{2143,6}{1117,1} = 1,92 \text{ anos} \quad (4)$$

7.1.8. Implementação de balastros eletrónicos

Com a evolução da eletrónica de potência, são criados dispositivos com maior eficiência energética do que os convencionais, como é o caso dos balastros eletrónicos. Estes conseguem de uma forma muito mais eficiente aplicar praticamente toda a energia elétrica que recebem na lâmpada sem terem perdas significantes e desta forma consegue-se poupar em termos de iluminação. A iluminação passa a ser linear sem cintilação, idêntica à lâmpada incandescente, bem como um arrancar imediato. Consegue-se uma relação iluminação/custo igual às lâmpadas economizadoras tendo a vantagem de não se precisar de mexer na instalação elétrica existente (armaduras, etc.) tendo apenas de trocar, ou adicionar o novo balastro.

A implementação de balastros eletrónicos nos edifícios do ISEP permite uma economia de energia e redução da potência instalada, bem como um ganho em qualidade e quantidade de luz. Um balastro eletrónico consome em média, duas a três vezes menos energia elétrica do que um balastro ferromagnético, reduzindo também o consumo da lâmpada (exemplo: com balastro eletrónico uma lâmpada de 58W passa a consumir apenas 50 W, comparativamente à utilização de balastro ferromagnético).

Segundo [45, 46] a mudança de balastros eletrónicos por ferromagnéticos traduz-se numa redução dos consumos do sistema estimada entre 20 a 25%. Para apresentação de uma solução modelo completa com averiguação do tempo de retorno do investimento.

Tabela 51 - Características das lâmpadas nos edifícios B e H.

| | Local | Tipo de lâmpadas | Nº de Luminárias | Potência (W) | nº de horas (média) |
|------|-----------------|------------------|------------------|--------------|---------------------|
| ISEP | Edifícios B e H | Fluorescente T8 | 405 | 58 | 7,8 |
| | | Fluorescente T8 | 163 | 36 | 7,2 |

A Tabela 51 contém as características principais das lâmpadas dos edifícios B e H que não possuem balastros eletrónicos.

7.1.9. Orçamento:

Na Tabela 52 está enumerado o investimento total para este cenário.

Tabela 52 - Balastro eletrónico [31].

| Designação | Qd. | Preço Total (€) |
|-------------------------------------|------------|-----------------|
| Balastro 2x36 BTL T8 Eletrónico TCI | 163 | 1947,85 |
| Balastro 2x58 BTL T8 Eletrónico TCI | 405 | 5366,25 |
| Investimento Total | 568 | 7314,1 |

Sabendo que se trata de uma instalação em MT com uma tarifa de longas utilizações, considerando o pior caso em que o preço a pagar pela energia ativa consumida é 0,0459 €/kWh (**tarifa das horas de super vazio**), para os 246 dias (ver períodos de Verão e Inverno) e que o grau de melhoria de eficiência energética com a implementação de balastros eletrónicos é de 25%.

Para as lâmpadas com 36W:

$$E_{BE} = 163 \times 2 \text{ (lâmp.)} \times 36(W) \times 246 \text{ (dias)} \times 7,2 \text{ (horas)} / 1000 = 20786,8 \text{ kWh/Ano} \quad (2)$$

$$E_{BF} = \frac{E_{BE}}{0.75} = \frac{20786,8}{0.75} = 27715,74 \text{ kWh/Ano} \quad (2)$$

$$E_{res} = E_{BF} - E_{BE} = 27715,74 - 20786,8 = 6928,93 \text{ kWh/Ano} \quad (3)$$

$$Receita = 0,0459 \cdot E_{res} = 0,0459 \times 6928,93 = 318,03 \text{ €/ano}$$

Para as lâmpadas com 58W:

$$E_{BE} = 405 \times 2 \times 58(W) \times 246 \text{ (dias)} \times 7,8 \text{ (horas)} = 90145,22 \text{ kWh/ano} \quad (2)$$

$$E_{BF} = \frac{E_{BE}}{0.75} = \frac{90145,22}{0.75} = 120193,6 \text{ kWh/Ano} \quad (2)$$

$$E_{res} = E_{BF} - E_{BE} = 120193,6 - 90145,22 = 30048,41 \text{ kWh/Ano} \quad (3)$$

$$Receita = 0,0604 \cdot E_{res} = 0,0459 \times 30048,41 = 1379,22 \text{ €/ano}$$

$$Poupan\c{c}a \text{ total} = 318,03 + 1379,22 = 1697,26 \text{ €/ano}$$

Com vista a determinar a viabilidade económica deste investimento é necessário determinar o tempo de retorno do investimento (PAYBACK).

$$PAYBACK = \frac{Investimento}{(Receitas - Custo)} = \frac{7314,1}{1697,26} = 4,3 \text{ anos} \quad (4)$$

Salienta-se que os cálculos efetuados anteriormente consideram as piores condições abrangidas neste problema, correspondendo assim a um tempo de retorno do investimento aceitável.

7.1.10. Implementação combinada tubo solar e sistema Dali

Chegou-se então à conclusão de que o valor médio de iluminância para o local em causa seria de 300 Lux (corredores dos últimos pisos dos edifícios B e H).

7.1.11. Solução Existente - Descrição e Análise

Verifica-se que a instalação já possui um conjunto de luminárias pré-instaladas, ao todo 44.

As luminárias existentes possuem 2 lâmpadas de 18 W fluorescentes do tipo T8 com uma potência por luminária de 36 W. Escolheu-se para se proceder à simulação a seguinte luminária representada na Figura 82.

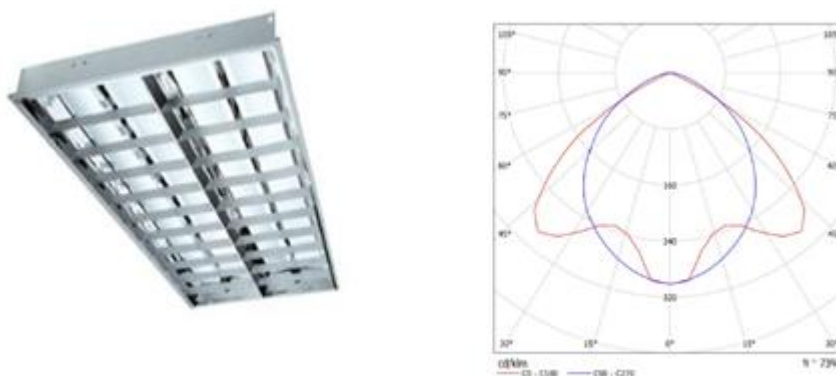


Figura 82 - Características das luminárias e emissão luminosa.

Valore obtidos na simulação com recurso ao *software Dialux*:

7.1.12. Cenário atual-Estudo Luminotécnico

Na Figura 83 estão rerepresentadas as linhas isográficas para o estudo luminotécnico para o cenário atual.

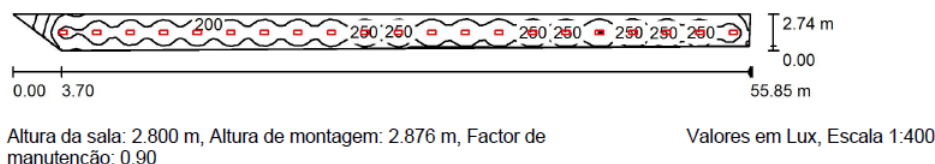


Figura 83 - Linhas isográficas.

Através do *dialux* obteve-se os níveis de iluminância e ao grau de uniformidade, expressos na Figura 84.

Altura da sala: 2.800 m, Altura de montagem: 2.876 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:400

| Superfície | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
|--------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Plano de uso | / | 202 | 21 | 263 | 0.104 |
| Solo | 20 | 165 | 31 | 190 | 0.190 |
| Tecto | 80 | 36 | 14 | 47 | 0.398 |
| Paredes (4) | 50 | 93 | 11 | 202 | / |

Figura 84 - Níveis de iluminância e ao grau de uniformidade.

Constata-se que a iluminância média e o grau uniformidade, considerando o plano de uso, apresentam valores um pouco abaixo do que é recomendado pela norma para os locais em causa.

7.1.13. Tipo de luminárias

Na Figura 85 encontram-se as luminárias utilizadas para realizar a simulação do cenário atual dos corredores dos edifícios B e H.

Lista de luminárias

| Nº | Unid. | Denominação (Factor de correcção) | Φ (Luminária) [lm] | Φ (Lâmpadas) [lm] | P [W] |
|--------|-------|---|-------------------------|------------------------|-------|
| 1 | 21 | PHILIPS TBS318 C 2xTL-D18W HFE C2 (1.000) | 1836 | 2700 | 0.0 |
| Total: | | | 38556 | 56700 | 0.0 |

Potência específica: 0.00 W/m² = 0.00 W/m² / lx (Superfície básica: 139.09 m²)

Figura 85 - Tipo de luminárias.

Os fatores de reflexão usados (ρ) foram calculados em função do material e da tonalidade da superfície. Para as paredes, o solo e o teto foram escolhidos o tom padrão “branco”.

7.1.14. Tubos Solares

Nesta solução colocou-se a possibilidade de instalar a quantidade de tubos solares necessária para garantir uma iluminância de 300 Lux sem recurso à iluminação artificial, segundo a *ISO 8995:2002*, os valores de iluminância média recomendados para zonas de circulação.

Para este cenário foi considerado um fluxo Luminoso de 13000 Lm por tubo solar (valor indicado como sendo máximo pelo fabricante).

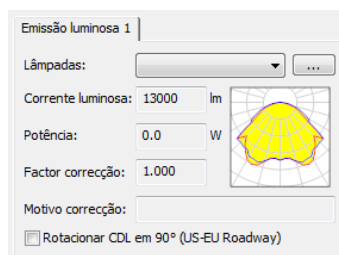


Figura 86 - Fluxo luminoso do tubo solar escolhido.

Obtiveram-se os seguintes resultados apresentados na Figura 87, em termos de linhas isográficas.

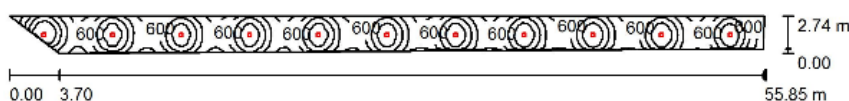


Figura 87 - Linhas isográficas.

Através do *dialux* obteve-se os níveis de iluminância e ao grau de uniformidade, expressos na Figura 88.

| Altura da sala: 2.800 m, Altura de montagem: 2.800 m, Factor de manutenção: 0.90 | | | | Valores em Lux, Escala 1:400 | |
|--|------------|------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| Superfície | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
| Plano de uso | / | 675 | 323 | 1072 | 0.478 |
| Solo | 20 | 547 | 333 | 651 | 0.609 |
| Tecto | 80 | 158 | 112 | 738 | 0.706 |
| Paredes (4) | 50 | 393 | 95 | 7929 | / |

| | |
|----------------------|-----------------|
| Plano de uso: | |
| Altura: | 0.800 m |
| Grelha: | 128 x 16 Pontos |
| Zona marginal: | 0.000 m |

| Lista de luminárias | | | | | |
|----------------------------|-------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|-------|
| Nº | Unid. | Denominação (Factor de correcção) | Φ (Luminária) [lm] | Φ (Lâmpadas) [lm] | P [W] |
| 1 | 11 | 3M (1.000) | 12991 | 13000 | 0.0 |
| Total: | | | 142899 | 143000 | 0.0 |

Potência específica: 0.00 W/m² = 0.00 W/m²/ lx (Superfície básica: 139.09 m²)

Figura 88 - Níveis de iluminância e ao grau de uniformidade.

Como se pode constatar pelo resumo de resultados dado pelo *software dialux*, foram necessários 11 tubos solares, para alcançar o grau de uniformidade médio necessário de acordo com os requisitos da norma europeia *EN 12464-1 - EEE* relativos

às áreas circulantes (corredores). Quanto a iluminância média, os requisitos necessários foram ultrapassados.

| Em (lx) local de trabalho | Em (lx) área circundante |
|--|--|
| > 750 | 500 |
| 500 | 300 |
| 300 | 200 |
| > 200 | Em de local de trabalho |
| Uniformidade (E_{min} / E_m) > 0,7 | Uniformidade (E_{min} / E_m) > 0,5 |

Figura 89 - Iluminância média requerida.

Na Figura 89 encontram-se os requisitos necessários em termos de iluminância média de forma a dar cumprimento à norma Europeia *EN 12464-1 - EEE* relativos às áreas circulantes (corredores).

7.1.15. Materiais Implementados nesta solução

O Difusor d 250 mm da *Chatron* permite a garantia de uma ótima distribuição e difusão da luz para o espaço a iluminar, bloqueando os raios ultravioletas e infravermelhos.

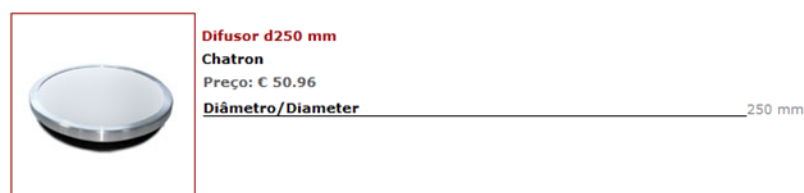


Figura 90 - Difusor d250 mm.

O Tubo Solar d250mm (*Chatron*) é revestido interiormente, por material extremamente refletor, que minimiza a dispersão dos raios e permite um fornecimento de luz a distâncias consideráveis, sem transmissão de calor ou frio.

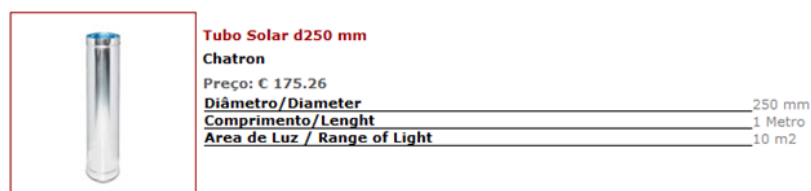


Figura 91 - Tubo solar d 250 mm.

Na Figura 91 apresenta as dimensões de um Tubo Solar d250mm da *Chatron*.

7.1.16. Sistema de controlo DALI

Poderia ainda ser possível a implementação de um sistema de controlo do fluxo luminoso por luminária (*dimming*), em função da iluminância do local num determinado instante.

Neste caso teriam de ser alterados os balastros “*standard*”, das atuais luminárias, para balastros com protocolo *DALI*, seria ainda necessário a colocação de um ou mais sensor para fazer a medição da iluminância de modo a que o sistema se auto ajustasse para garantir o nível de iluminância pretendido (300 Lux).

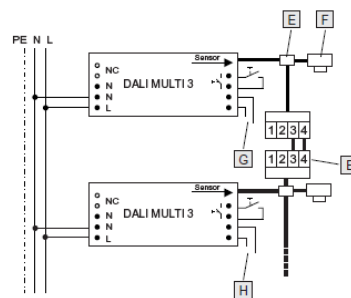


Figura 92 - Controlo por luminária.

Neste caso, cada conjunto de luminárias teria o seu sensor associado.

| | | |
|---|-------------------------------|--------|
| <div> <div></div> <div>Image indisponível</div> <div>Image not available</div> <div>Image indisponível</div> </div> | DALI MULTI 3 - Módulo Comando | 56.00€ |
|---|-------------------------------|--------|

Figura 93 - Preço módulo de comando.

7.1.17. Estudo da viabilidade económica desta solução

Sabendo que o horário de funcionamento das luminárias do corredor corresponde a 16 horas diárias nos dias úteis, e excluindo o mês de Agosto, tendo em conta o ciclo horário ser semanal com feriados.

Número de horas no Verão, considerando o período de férias, em Agosto e aos domingos:

Durante a Semana

Período II- (91-24 (Domingos+Sábados)) =67 dias

Período III- (61-16 (Domingos+Sábados)) = 45 dias

$$\text{Horas de funcionamento cheias} = 13h \times (67 \text{ dias} + 45 \text{ dias}) = 1456 \frac{\text{horas}}{\text{ano}} \quad (1)$$

$$\text{Horas de funcionamento pontas} = 3h \times (67 \text{ dias} + 45 \text{ dias}) = 336 \text{ horas/ano}$$

Além do edifício B (4º piso), esta solução pode da mesma forma ser aplicada ao edifício H (5º piso), pois possuem as mesmas luminárias, e como tal possuem as mesmas necessidades de iluminação, desta forma, no total temos um conjunto de luminárias de 44 luminárias (22+22).

$$\begin{aligned} \text{Custoenergia} &= \left(\frac{44 \text{ (luminárias)} \times 2 \text{ (lâmpadas)} \times 18W}{1000} \right) \times 1456 \text{ horas} \times 0,0627\text{€/kWh} \quad (2) \\ &+ \left(\frac{44 \text{ (luminárias)} \times 2 \text{ (lâmpadas)} \times 18W}{1000} \right) \times 336 \text{ horas} \times 0,0689\text{€/kWh} \\ \text{Custoenergia} &= 181,23 \text{ €} \quad (2) \end{aligned}$$

Desta forma o custo anual da energia consumida é dado por:

O custo anual, no Verão corresponde a 181,23 €:

Cálculo número de horas no Inverno:

Durante a Semana

Período I- (90-24 (Domingos+Sábados)) =66 dias

Período IV- (92 -24 (Domingos+Sábados)) =68 dias

$$\text{Horasdefuncionametocheias} = 11h \times (66 \text{ dias} + 68 \text{ dias}) = 1474 \frac{\text{horas}}{\text{ano}} \quad (1)$$

$$\text{Horasdefuncionametoponta} = 5h \times (66 \text{ dias} + 68 \text{ dias}) = 670 \text{ horas/ano}$$

$$\begin{aligned} \text{Custoenergia} &= \left(\frac{44 \text{ (luminárias)} \times 2 \text{ (lâmpadas)} \times 18W}{1000} \right) \times 1474 \text{ horas} \times 0,0627 \text{ €/kWh} \quad (2) \\ &+ \left(\frac{44 \text{ (luminárias)} \times 2 \text{ (lâmpadas)} \times 18W}{1000} \right) \times 670 \text{ horas} \\ &\times 0,0689\text{€/kWh} \\ \text{Custoenergia} &= 219,5 \text{ €} \quad (2) \end{aligned}$$

O custo anual, no Inverno corresponde a: 219,5 €

$$\text{Custo total} = 181,23 + 219,5 = 400,8 \text{ €}$$

7.1.18. Orçamento e retorno do investimento (*payback*)

Para este tipo de solução, visto ser possível utilizar a função de regulação do fluxo contínuo com a implementação de tubos solares, considera-se que para além das 4 horas em que as luminárias se encontram desligadas devido aos tubos solares, durante 50% de 5 horas de um dia as luminárias estarão ligadas mas apenas a consumir 50% da potência total instalada, devido ao sistema de controlo *Dali*, considera-se ainda o uso de balastros eletrónicos com maior grau de eficiência.

7.1.19. Poupança Tubo solar

$$\text{Poupança em } W = 44 \times 2 \times 18 = 1,584 \text{ kW} \quad (3)$$

Poupança em h :

Das 13-17 horas

Verão durante a Semana

$$\text{Horas de funcionamento cheias} = 1h \times (67 \text{ dias} + 45 \text{ dias}) = 112 \frac{\text{horas}}{\text{ano}} \quad (1)$$

$$\text{Horas de funcionamento ponta} = 3h \times (67 \text{ dias} + 45 \text{ dias}) = 336 \text{ horas/ano}$$

Inverno durante a Semana

$$\text{Horas de funcionamento cheias} = 4h \times (66 \text{ dias} + 68 \text{ dias}) = 536 \text{ horas/ano} \quad (1)$$

$$\text{Poupança em } \text{€} (13 - 17 \text{ horas}) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} &= 1,584 \text{ kW} \times 648 \text{ horas (cheias)} \times 0,0627 \text{ €/kWh} + 1,584 \text{ kW} \\ &\times 336 \text{ horas (ponta)} \times 0,0689 \text{ €/kWh} = 101,1 \text{ €/ano} \end{aligned}$$

7.1.20. Poupança sistema controlo Dali

Das 8-13 horas

Verão durante a Semana

$$\text{Horas de funcionamento cheias} = 5h \times (67 \text{ dias} + 45 \text{ dias}) = 560 \text{ horas/ano} \quad (1)$$

Inverno durante a Semana

$$\text{Horas de funcionamento cheias} = 5h \times (66 \text{ dias} + 68 \text{ dias}) = 670 \text{ horas/ano} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Poupança em } \text{€} (8 - 13 \text{ horas}) &= \frac{1,584}{2} \text{ kW} * \frac{670 + 560}{2} \text{ (horas cheias)} \times 0,0627 \text{ €/kWh} \quad (2) \\ &= 30,54 \text{ €/ano} \end{aligned}$$

$$\text{Poupança Total} = 408,8 \text{ (Tubo Solar)} + 131,57 \text{ (Dali Multi 3)} = 540,4 \text{ €/ano} \quad (3)$$

$$PB = \frac{56,4 \times 44 \left(\text{Dali} \frac{\text{Multi}}{\text{fila}} \right) + (175,26 + 50,96) \times 22 \text{ (solar tube)}}{540,4} = 9,42 \text{ anos} \quad (4)$$

7.2. Estudo da implementação de *pellets* para o aquecimento central do ISEP

Neste caso será feito um estudo que prevê a avaliação técnico-económica da substituição das caldeiras a gás natural por caldeiras a *pellets*.

7.2.1. Otimização da queima e elementos de regulação e controlo

De forma a rentabilizar o processo de produção de calor a partir da combustão dos *pellets* na caldeira e, a otimizar a sua queima é fundamental utilizar equipamentos auxiliares. Os ciclones são equipamentos que garantem níveis de emissões baixos. Contudo, este equipamento necessita de ser controlado por um quadro automático PLC, apresentado na Figura 94 [47].



Figura 94 - Ciclone Quioto (Zantia, 2015c).

Além do uso dos ciclones, para o sistema de controlo e automatização do processo de queima na caldeira, será necessário adquirir uma plataforma eletrónica adicional [48].

Os quadros automáticos PLC (*Power Line Communication*) permitem uma comunicação total e inteligente das caldeiras com todo o sistema, representado na Figura 95 [47].



Figura 95 - Quadro automático PLC (Zantia, 2015f).

7.2.2. Caraterização do sistema existente

Nas instalações do ISEP estão a ser utilizadas 15 caldeiras a gás natural, instaladas em 10 edifícios, das quais apenas 9 ficam a funcionar simultaneamente, pois são ligadas alternadamente com as restantes, sendo que no caso dos edifícios B, G e H as caldeiras funcionam de forma permanente durante o período de aquecimento anual. Segundo os registos de consumo energético do ISEP em 2015, presentes nas

faturas mensais, o consumo de gás natural foi de cerca de 58452 m³.

7.2.3. Estudo de caso: Caldeiras a seleccionar

Para determinar quais as potências nominais necessária para as novas caldeiras a *pellets*, de forma a seleccionar as caldeiras a instalar no projeto, é necessário calcular as necessidades energéticas do ISEP. Sendo assim, com base nos registos das potências das caldeiras instaladas nos vários edifícios das instalações do ISEP, decidiu-se como ponto de partida, substituir estas 15 caldeiras a gás natural por 6 caldeiras a *pellets*. Como apenas 9 caldeiras serão ligadas simultaneamente, a repartição das 6 caldeiras a *pellets* foi apoiada pelas potências instaladas das 9 caldeiras a utilizar, ou seja, para cobrir um somatório de potência nominal de 2035 kW, substancialmente menor do que os atuais 3355 kW (Tabela 15).

A razão de serem 6 caldeiras a *pellets* deve-se à ideia de reduzir o número total de caldeiras instaladas no ISEP, para além da substituição do combustível. Haverá uma caldeira a abastecer 2 edifícios simultaneamente, exceto nos edifícios E e F, que terão uma caldeira a abastecer cada um.

Assim, para conseguir satisfazer as necessidades de potência instalada total equivalente à das caldeiras a gás natural no ISEP, optou-se por escolher 6 caldeiras a *pellets* de 400 kW, totalizando um valor total de 2400 kW de potência instalada em caldeiras. As caldeiras representadas na Figura 96 são caldeiras industriais de biomassa da série *Quioto*, da empresa internacional *Zantia* [48].



Figura 96 - Caldeira a Biomassa Quioto Industrial (*Zantia*, 2015h).

7.2.4. Quantificação do combustível (*pellets*) necessário

Neste tópico será abordado o estudo efetuado para determinar a quantidade de combustível (*pellets*) necessário, bem como o preço associado à sua aquisição pelo ISEP.

Com a análise das faturas de consumos de gás no ISEP, correspondentes ao ano de 2015, consegue-se retirar o valor do consumo em m³ de gás natural e em kWh correspondente.

O valor do Poder Calorífico Superior (PCS) do gás natural, 11,8 kWh/m³, foi retirado a partir dos dados da EDP Gás Distribuição [49].

Para obter o valor estimado de consumo de *pellets* necessário para substituir a quantidade de energia em kWh consumida em 2015, é necessário usar os rendimentos dos diferentes tipos de caldeiras que são usadas para o efeito. As caldeiras a gás natural instaladas atualmente no ISEP têm distinta potência nominal, no entanto assumiu-se um valor de rendimento de 90%, sabendo que normalmente as caldeiras a gás natural apresentam valores de rendimento nessa ordem de grandeza. No que diz respeito às caldeiras a *pellets* a instalar, possuem um rendimento de 85% (Tabela 55).

Conhecendo o consumo de gás (em m³ e em kWh) em 2015 (consultar a Tabela 16), bem como o valor de PCS do gás natural e o valor de PCS dos *pellets*, consegue-se determinar a quantidade de *pellets* necessários, usando a seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{Consumo} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ano}} \right)_{\text{gás}} \times PCS_{\text{gás}} \times FCV_{\text{gás}} \times \eta_{c.GN}(\%) \\ = \text{Consumo}(\text{kg/ano})_{\text{pellets}} \times PCS_{\text{pellets}} \times \eta_{c.\text{pellets}}(\%) \end{aligned} \quad (5)$$

E ainda:

$$\begin{aligned} \text{Consumo} (\text{m}^3/\text{ano})_{\text{gás}} \times PCS_{\text{gás}} \times FCV_{\text{gás}} \times \eta_{c.GN}(\%) \\ = \text{Consumo} (\text{kWh/ano})_{\text{gás}} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo} (\text{kg/ano})_{\text{pellets}} \times PCS_{\text{pellets}} \times \eta_{c.\text{pellets}}(\%) \\ = \text{Consumo} (\text{kWh/ano})_{\text{pellets}} \end{aligned} \quad (6)$$

Notas:

- FCV = 1,3. Este valor varia de acordo com o contador em questão. No entanto, pode ser determinado através da fórmula da conversão do consumo de gás natural, isolando o FCV, sabendo os restantes fatores da equação.
- O valor do PCS_{pellets} usado para os cálculos do projeto é o corresponde a 19,14 MJ/kg valor médio retirado da tabela que se encontra no [anexo J](#).

O consumo em kWh de gás natural, em 2015 no ISEP, foi de 879634,50 kWh. Como 1 kWh = 3,6 MJ, e $PCS_{\text{pellets}} = 19,14 \text{ MJ/kg}$, então a equação anterior altera-se da seguinte forma:

$$\text{Consumo (m}^3/\text{ano)}_{gás} \times PCS_{gás} \times FCV_{gás} \times \eta_{c.GN}(\%) \quad (5)$$

$$= \text{Consumo (kg/ano)}_{pellets} \times \frac{PCS_{pellets}}{3,6} \times \eta_{c.pellets}(\%)$$

$$\Leftrightarrow 879634,50 = \text{Consumo (kg/ano)}_{pellets} \times \frac{19,14}{3,6} \times 0,85 \quad (5)$$

$$\Leftrightarrow \text{Consumo (kg/ano)}_{pellets} = 194645,29 \text{ kg/ano} \quad (5)$$

O que equivale a 194,65 toneladas de *pellets* por ano, a serem consumidas nas caldeiras a instalar.

7.2.5. Abastecimento das caldeiras

Pretende-se uma distribuição de *pellets* através do abastecimento automático dos silos das caldeiras por um camião, através de uma mangueira pneumática. Este tipo de distribuição oferece vantagens a todos os níveis, como por exemplo a eliminação do espaço de armazenamento de *pellets* ensacados. No entanto, para este sistema, é necessário adquirir um sistema de transporte e um sistema de controlo de nível, para acionar o referido sistema de transporte. Este sistema de transporte de combustível permite que haja um abastecimento automático de cada caldeira. O sistema de transporte a adquirir vem equipado com um conjunto de acessórios, tais como o próprio motor de transporte (0,7 cv Monofásico) e os primeiros 6 metros de transporte, que incluem: bandeja dupla para o tubo de 90mm (diâmetro), 1 tubo reto de 3 m x 90 mm e 2 curvas de 1,5m x 90mm/45°. Será necessário adquirir um contentor metálico para o armazenamento de cinzas.

7.2.6. Preço do combustível

Após contacto com a empresa seleccionada para o efeito, a *Gesfinu*, através da unidade de produção *Jungle Power* ou *Pellets Power 1* em Lousada, obteve-se a informação de que o preço por tonelada transportada e distribuída a granel é de 150 €/t + IVA

7.2.7. Consumo mínimo necessário (teórico) das caldeiras para o caso em estudo

Como parte do dimensionamento das caldeiras a instalar neste projeto, sentiu-se a necessidade de calcular o consumo mínimo necessário (teórico) das caldeiras. Para isto, utilizou-se o valor necessário de toneladas de *pellets* para o ISEP (194,65 t/ano), o número de horas de utilização das caldeiras e o número de dias de utilização anual destas.

As caldeiras têm um funcionamento previsto para aquecimento de Outubro a Março, 6 meses. Visto que o seu período de funcionamento coincide com o período laboral do ISEP, estas trabalham das 8 h às 23 h, perfazendo 15 horas de funcionamento diário. Tomando ainda em consideração o facto de as caldeiras só serem ligadas nos dias úteis semanais (2ª a 6ª feira), calculou-se o número de horas anuais (ha) de utilização das caldeiras:

$$ha = (15 h \times 23 d \times 3 m) + (15 h \times 22 d \times 2 m) + (15 h \times 20 d \times 1 m) \quad (7)$$

$$ha = 1995 h$$

Com isto, e assumindo como horas mensais de utilização para 22 dias úteis, obtém-se os seguintes dados auxiliares na Tabela 53.

Tabela 53 - Número de horas de utilização das caldeiras e correspondente número de dias de utilização anual.

| Item | Dia | Mês | Ano |
|---------------------------------|-----|-----|------|
| Nº horas utilização (h) | 15 | 330 | 1995 |
| Dias de utilização anual (dias) | 133 | - | - |

De forma a obter os consumos mínimos necessários (teóricos) para cada uma das 6 caldeiras, repartiu-se equitativamente as 194,65 toneladas por 6, utilizando os dados da Tabela 53, obtendo-se na Tabela 54, assim, o seguinte consumo por caldeira (kg/h).

Tabela 54 - Quantidade de *pellets* necessária para cada uma das caldeiras (horas).

| Consumo por caldeira | |
|--------------------------|-------|
| Consumo caldeira (ton/h) | 0,02 |
| Consumo caldeira (kg/h) | 16,26 |

Na Tabela 54 estão identificadas as quantidades de *pellets* necessárias para cada uma das caldeiras.

7.2.8. Caldeiras seleccionadas

Face aos consumos estimados necessários (16,26 kg/h) para cada caldeira a instalar nas condições de funcionamento do ISEP e com a capacidade de produção de calor das caldeiras de 400 kW, pode-se dizer que estas caldeiras estão sobredimensionadas – comum a capacidade de alimentação de biocombustível de 98,71 kg/h face às necessidades energéticas do ISEP de 16,26 kg/h, podendo ser escolhidas outras caldeiras mais adequadas, poupando nos custos das caldeiras.

Tendo em atenção que as caldeiras devem operar a uma potência superior aos consumos mínimos teóricos necessários, tendo em conta uma margem razoável para picos de maiores necessidades de alimentação, sentiu-se a necessidade de escolher caldeiras a *pellets* mais adequadas para o efeito. Através da consulta do catálogo das caldeiras *Zantia*, optou-se por escolher 6 caldeiras de 150 kW da série Quioto, visto que o seu consumo de combustível à potência máxima (37,02 kg/h) é aproximadamente o dobro do valor do consumo mínimo teórico apresentado. Esta margem serve para garantir alguma segurança para futuros possíveis aumentos de necessidade energética de alimentação.

Tabela 55 - Dados técnicos das caldeiras a implementar no projeto Quioto 150kW

| Dados técnicos | Unidade | Valor |
|---|---------|--------|
| Potência Útil Nominal | kW | 150 |
| Potência Útil <u>Mín.</u> | kcal/h | 129 |
| Consumo Combustível | kg/h | 37,02 |
| Rendimento | % | 85 |
| Temperatura de gases | °C | 150-90 |
| Peso | kg | 1450 |
| Volume de água no corpo | litros | 500 |
| Diâmetro saída de fumos | mm | 350 |
| Pressão de trabalho Máx. | bar | 3 |
| Temperatura Máx. de trabalho | °C | 85 |
| Temperatura <u>Mín.</u> de trabalho | °C | 55 |
| Depressão | Pa | 30 |
| Ligações Impulsão | “ | 2 |
| Ligações Retorno | “ | 2 |
| Alimentação Elétrica | V/Hz | 230/50 |
| Potência elétrica instalada (s/ Acendimento Auto) | kW | 0,74 |
| Potência elétrica instalada (c/ Acendimento Auto) | kW | 1,10 |

Na Tabela 55 estão enumerados as características técnicas das caldeiras a implementar no projeto considerando as caldeiras Quioto 150 kW.

7.2.9. Indicadores financeiros de avaliação de projetos

O período de vida útil estimado das caldeiras a *pellets* foi fixado em 10 anos. A determinação deste parâmetro das caldeiras é muito importante, pois depende de

vários fatores que podem afetar a duração do queimador, tais como o tipo de combustível utilizado, o regime de funcionamento e o cumprimento das manutenções. No entanto, a caldeira é constituída por muitos componentes elétricos e eletrónicos que podem avariar e ser substituídos, sem que tal afete o período de vida útil da caldeira.

7.2.10. Técnicas de previsão do consumo

Para o cálculo das receitas anuais (R) é necessário projetar o custo do gás natural. Para isso calcula-se a diferença do custo do gás natural projetado nos próximos 10 anos através do método dos mínimos quadrados. Este é um método de regressão linear (Tabela 56), com base nos registos de consumo de 2013 a 2015 e com o período de vida útil das caldeiras a *pellets* [50].

Com o recurso a este método procura-se, através da análise do consumo de gás natural no ISEP, num dado período de tempo (neste caso de 2013 a 2015), obter a evolução futura do seu custo, nas faturas do ISEP, nos próximos 10 anos (vida útil das caldeiras a *pellets*).

Sendo assim, a determinação do ajustamento, de uma função linear, entre a variável dependente (y) e as variáveis independentes (x_1, x_2, \dots, x_n), faz-se pelo método dos mínimos quadrados, através da seguinte função de regressão linear [50]:

$$y = \hat{a} + \hat{c} \times x \quad (8)$$

Em que

- y = variável dependente (consumo);
- \hat{a} e \hat{c} são estimadores calculados;
- x = variável independente (número de anos).

Os resultados registados por este método encontram-se na Tabela 56, em que Y corresponde ao consumo de gás natural nas faturas e X corresponde ao número de anos desde 2015.

Tabela 56 - Estimativas de consumo de gás natural (€) usando método dos mínimos quadrados para projecção do custo.

| Y | X |
|-------------|----|
| 58779.49 € | 1 |
| 85725.01 € | 2 |
| 77.036.29 € | 3 |
| 92103.73 € | 4 |
| 101232.13 € | 5 |
| 110360.53 € | 6 |
| 119488.93 € | 7 |
| 128617.33 € | 8 |
| 137745.73 € | 9 |
| 146874.13 € | 10 |
| 156002.53 € | 11 |
| 165130.93 € | 12 |
| 174259.33 € | 13 |

Na projecção do custo da fatura de gás natural do ISEP nos próximos 10 anos, utilizou-se o valor referente ao ano 2017 para o cálculo das receitas, ou seja 101232,13 €. Foi também considerada uma taxa de inflação no preço do gás natural de 3 %, para estimar o preço do gás natural nos cálculos das receitas anuais.

7.2.11. Receitas anuais

De forma a calcular a poupança gerada com a substituição do gás natural pelos *pellets*, é necessário considerar a diferença entre os custos e as receitas da implementação e aquisição das caldeiras a *pellets*. Em termos de custos considerou-se a fatura do gás natural para o ano de 2017, e custo de aquisição dos *pellets* por ano, e o custo de manutenção atual das caldeiras a gás natural.

Relativamente ao custo de manutenção, este valor terá que ser estimado, assumindo que a complexidade de manutenção das caldeiras a gás natural e a *pellets*, numa revisão anual, seja idêntica.

Assim, sabendo que o valor dos custos de manutenção das caldeiras a *pellets* (C) é de 4428 €/ano (c/ IVA) (valor este a contratar à empresa de instalação das caldeiras, que fará também a manutenção anual, *Euroavac*, Lda.), proposto para as 6 caldeiras, pode-se usar o mesmo método de cálculo, não para 15, mas sim para 9 caldeiras, contabilizando já a poupança obtida pelo fato de serem feitas manutenções pelo pessoal técnico do ISEP.

Sendo assim, o valor dos custos de manutenção estimados para as 9 caldeiras a gás natural do ISEP, é obtido com base no valor proposto de 4428 €/ano (c/ IVA) para as 6 caldeiras a *pellets*, sendo de 6642 €/ano (c/ IVA).

Assim, obtém-se a seguinte equação para cálculo das receitas, ou poupança anual:

$$\begin{aligned}
 R \text{ (€/ano)} &= (\text{Custos GN (2017)} + \text{Custos manutenção GN}) \\
 &\quad - (\text{Custos pellets} + \text{Despesas projeto}) \leftrightarrow \\
 R \text{ (€/ano)} &= (104269,09 + 6826,5) - (35202,6 + 4551) \\
 &= 71341,99 \text{ €/ano}
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

A receita anual corresponde a cerca de 71342 €/ano.

7.2.12. Aquisição de caldeiras Quioto 150 kW

Para calcular o VAL é necessário recolher os dados do investimento total, a poupança anual (ou seja, as receitas), o custo de operação e manutenção anual e, a taxa de atualização, que será considerada como 3 %, de acordo com as taxas de juros, de capital próprio e capital alheio em vigor no ISEP. Sendo assim, o valor correspondente ao investimento total da implementação das caldeiras de 150 kW, pode ser observado na Tabela 57.

Tabela 57 - Plano de investimentos do projeto (caldeiras Quioto 150 kW).

| INVESTIMENTOS | PREÇO (€) C/IVA |
|--|--------------------|
| Remoção das 15 caldeiras | 5606.03 € |
| Caldeiras | 148868.7 € |
| Silos Flexível HP 28/18G-E Biomassa | 42067.18 € |
| Kits Recolha de Cinzas Quioto | 19765.63 € |
| Controlo de nível para silos | 9470.53 € |
| PLC | 34339.34 € |
| Ciclones+Extratores de CO ₂ | 48870.36 € |
| Módulo Telegestão Interativa | 7881.15 € |
| Tubagens, montagem e acessórios | 22804.20 € |
| TOTAL | 339673.12 € |
| Remuneração das caldeiras a GN | 1545 € |
| TOTAL Deduzido | 338128.12 € |

O valor apresentado de 5606,03 € (c/ IVA) pela remoção das 15 caldeiras é um valor estimado pela empresa (Urbanos CAT, Lda.), tal como o valor proposto para a remuneração destas caldeiras. A instalação das 6 caldeiras e seus equipamentos é feita

pela empresa *Euroavac*, Lda.. Todos os equipamentos mencionados na Tabela 57se referem às 6 caldeiras.

As despesas anuais do projeto (C), nomeadamente o valor dos custos de manutenção das caldeiras a *pellets*, que equivale ao valor contratado à empresa de instalação das mesmas, que fará também a manutenção anual, resultando num valor de 4551 €/ano (c/ IVA).

7.2.13. Avaliação económica

Para fazer uma análise da rentabilidade de um projeto de investimento, normalmente confia-se na utilização de três indicadores financeiros, a saber: o Valor Atual Líquido (VAL), a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), o *Payback* [36].

O VAL pela seguinte equação:

$$VAL(€/ano) = -CFI_0 + \sum [CFG_n \times (1 + WACC)^{-n}] \quad (9)$$

Em que:

$$CFG(€/ano) = CFE - CFI_0 \quad (10)$$

$$CFE(€/ano) = (R - C) \quad (11)$$

$$CFI(€/ano) = \text{Investimentototaldeduzido}$$

Nota:

- CFG = *Cash-flow* global;
- CFE = *Cash-flow* de Exploração;
- CFI = *Cash-flow* Investimento;

Neste caso, como a energia consumida nos *pellets* é utilizada para produção de calor e não para energia produzida e injetada na rede, não é necessário pagar impostos para tal. Sendo assim, para este projeto, o *Cash Flow* de Exploração resume-se à diferença das receitas anuais pelas despesas do projeto anuais.

Para o cálculo do *PBP* basta usar a seguinte equação:

$$PBP(anos) = t + \frac{(Inv - \sum CFE_t)}{CFE_{t+1}} \quad (12)$$

Onde:

- t = ano com último CFE negativo;
- $t + 1$ = ano a partir do qual o CFE passa a positivo.

Para o cálculo da TIR, é pretendido igualar o VAL a 0 e calcular o valor de x , de acordo com a seguinte equação:

$$TIR(\text{€/ano}): 0 = -CFI_0 + \sum [CFG_n \times (1 + x)^{-n}] \quad (13)$$

Onde " x " representa a TIR.

Na Tabela 58 estão presentes os indicadores financeiros obtidos para o cenário deste projeto.

Tabela 58 - Indicadores financeiros para o este projeto (caldeiras Quioto 150 kW).

| Indicadores Financeiros | |
|-------------------------|------------|
| VAL (€/ano) | 231612.6 € |
| Payback (anos) | 5.2 |
| Tir (%) | 1.68 |

Trata-se de um projeto aceitável a médio prazo, cerca de 5 anos com um VAL de 231612.6 €/ano e uma TIR de 1.68, considerando uma taxa de 3 %.

7.3. Filtros Ativos Tipo AHF

A distorção harmónica total é provocada pelas cargas não lineares, segundo as monitorizações efetuadas ao quadro geral do edifício B, constata-se que o valor global THDI corresponde a 41,8 % e o valor global de THDV corresponde a 16,8 %. Como se pode verificar, é necessário ajustar os valores das distorções harmónica, como tal é necessário colocar no quadro geral deste edifício um filtro ativo, de forma a filtrar as componentes harmónicas, de forma a obter-se à saída do quadro uma tensão "limpa".

Os filtros ativos permitem uma taxa de distorção harmónica global de tensão (THDV) <3 %, à sua saída, aumentando assim a qualidade da forma de onda da tensão. Desta forma, cumpre-se com a norma *NP EN050160* (2010) no ponto 4.2.5 Tensões harmónicas:

"Em condições normais de funcionamento, durante cada período de uma semana, 95% dos valores eficazes médios de 10 minutos década tensão harmónica individual deve ser menor ou igual aos valores indicados no quadro 1. Ressonâncias poderão causar tensões mais elevadas para uma harmónica individual. Além disso a THD da tensão de alimentação (incluindo as harmónicas até a ordem 40) deve ser menor ou igual a 8%", desta forma verifica-se que a norma é cumprida.

As correntes harmónicas surgem nas instalações elétricas devido à presença de cargas não lineares, como por exemplo componentes eletrónicos, nomeadamente os computadores. Assim, um quadro terminal ou um quadro de distribuição apresentará no seu circuito alimentador correntes harmónicas (correntes com frequência diferente da frequência fundamental) que representam a soma dos correntes harmónicas das cargas alimentadas por esses quadros.

Os Filtros Ativos Tipo AHF da *Arteche* utilizam a mais recente tecnologia eletrónica de energia IGBT para cancelar as distorções de corrente harmónica de forma dinâmica da 3ª à 51ª harmónica. Através da injeção de corrente de compensação de relação inversa, as distorções harmónicas são significativamente reduzidas e a onda sinusoidal é restaurada. A Tecnologia IGBT permite que o filtro responda a flutuações rápidas de carga e a alterações das condições harmónicas. Estes filtros ativos atingem níveis de distorção de correntes tão baixos de THDI e cumprem com a norma IEEE-519 e com outras normas internacionais de qualidade de energia.

7.3.1. Determinar o filtro ativo a instalar para o quadro geral do edifício H:

1º Calcular a corrente fundamental através do valor eficaz da corrente total:

$$I = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,924} = 984,1 \text{ A} \quad (10)$$

$$I_1 = \frac{I}{1 + (\text{THDi})^2} \quad (11)$$

$$I_1 = \frac{984,1}{1 + (0,418)^2} = 837,75 \text{ A} \quad (11)$$

2º Corrente harmónica a compensar é calculado por:

$$I_D = I_1 \times (\text{THDi}_1 - \text{THDi}_2) \quad (12)$$

Onde, THDi_2 é a distorção harmónica total a alcançar (< 3%, segundo a UPS do QP1):

$$I_D = 837,75 \times (0,418 - 0,02) \quad (12)$$

$$= 333,4 \text{ A (necessário filtro ativo de 400 A)}$$

Após uma análise no mercado, é necessário instalar um filtro ativo da marca 400 A Artech/ AHF-0400-415-50-N1.Trifásico no quadro geral do edifício B.

Tabela 59 - Filtros ativos a instalar.

| Localização | Marca/modelo | Preço unitário c/IVA (€) |
|-------------|---------------------------|-----------------------------|
| QP1 | Artech/AHF-0400-415-50-N1 | 11387 |

Segundo o fabricante, estes filtros ativos cumprem com as seguintes normas *UL-508 (USA & Canada), EN50178,FCCPart 15, EN55011,ANSI C62.41, IEEE587, EN61000-4-5, IEEE-519, EN61000-3-4.*

7.4. Motores de alto rendimento

Como medida de eficiência energética, temos de ter em conta os motores elétricos utilizados, uma vez que são utilizados motores assíncronos, nas *SPLITS*. Normalmente, estes motores funcionam durante o período de tempo laboral, logo a eficiência de um motor elétrico, pode traduzir-se numa redução acentuada da fatura energética, pois uma das características dos motores tem a ver com a relação entre o custo do funcionamento e o custo de aquisição dos motores. Tendo em conta as características de um motor, ou seja da potência e principalmente do seu rendimento, os custos relativos aos consumos dos motores são bastante superiores aos custos de aquisição.

A substituição de motores de baixo rendimento por motores mais eficientes permite maximizar a eficiência da infraestrutura elétrica, o que possibilita um retorno do investimento, relativamente baixo, devido à relação entre o custo operacional e o custo de aquisição. Além disso, os motores com elevados rendimentos, possuem mais cobre do que os motores tradicionais e são dimensionados para reduzir as perdas constantes e gerar baixas perdas de energia, o que permite diminuir a temperatura do motor, e como se sabe, esta característica influencia o tempo de vida de um motor, ou seja quanto maior for a temperatura menor será o tempo de funcionamento do motor [51].

7.4.1. Variadores Eletrónicos de velocidade

A utilização dos variadores eletrónicos de velocidade ou variadores de frequência é atualmente o método mais eficiente para controlar a velocidade dos motores de indução, pois estes conseguem modificar a tensão da rede, de amplitude e frequência constantes, para uma tensão de amplitude e frequência variáveis.

Através da variação da frequência da tensão de alimentação é possível variar da mesma forma a velocidade do campo girante e consequentemente a velocidade mecânica de rotação [52].

7.4.2. Tecnologia DC inverter

A tecnologia “*Direct Current*” (DC) *inverter* diferencia-se de qualquer outra tecnologia de bomba existente no mercado por possuir compressor com capacidade de variar a frequência de funcionamento atendendo exatamente às necessidades de conforto na climatização da habitação, obtendo-se assim mais poupança no consumo de energia [53].

7.4.3. Utilização de *SPLITS* mais eficientes e com tecnologia DC INVERTER (GRAQ)

Na Tabela 60 estão classificadas os tipos de classe de eficiência energética tendo em conta o coeficiente de eficiência energética dos respetivos *SPLITS*.

Tabela 60 - Classes de eficiência energética.

| Classes | Coeficiente de eficiência energética (W/W) | | |
|---------|--|-------|------|
| A | 3,20 | <CEE | |
| B | 3,00 | <CEES | 3,20 |
| C | 2,80 | <CEES | 3,00 |
| D | 2,60 | <CEES | 2,80 |
| E | 2,39 | ≤CEES | 2,60 |

7.4.4. Situação atual

Os 3 atuais *SPLITS* existentes no GRAQ, possuem uma classe de eficiência energética do tipo D, além disso não possuem a tecnologia DC INVERTER. Desta forma realizou-se, para este efeito, um estudo relacionado com a viabilidade técnico-económica da substituição dos 3 atuais equipamentos de climatização *SPLITS* (MSE 1-

24CR), por 3 equipamentos de climatização SPLITS com uma classe de eficiência energética do tipo A++ e com a tecnologia *DC INVERTER*.

De forma a obter o consumo real dos atuais *SPLITS* foi necessário consultar os modelos relativos ao consumo de energia com base nos resultados que estão contemplados com o ciclo normalizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) de 1 hora por dia por mês, obtendo-se assim um consumo de energia elétrica de 60,4 kWh segundo a Tabela 61 [40].

Tabela 61 - Consumo de energia com base nos resultados que estão contemplados com o ciclo normalizado pelo INMETRO de 1 hora por dia por mês.

| FORNECEDOR | MARCA | MODELO | | TIPO | CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO NOMINAL | | | POTÊNCIA ELÉTRICA CONSUMIDA | EFICIÊNCIA ENERGÉTICA | | FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO | | CONSUMO DE ENERGIA (°°) | | | |
|------------|-------|------------------|------------------|---------|------------------------------------|-------|---------|-----------------------------|-----------------------|------|------------------------|------|-------------------------|------|------|---------|
| | | UNIDADE INTERNA | UNIDADE EXTERNA | | Btu/h | W | kW (°°) | W | WW | 132V | 220V | 132V | 220V | 132V | 220V | kWh/mês |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GO MIDEA | MIDEA | MSE1-24CR | MSE1-24CR | FRIIO | 24.000 | 7.032 | 7.03 | | 2.420 | | 2.91 | | | C | | 60,4 |
| GO MIDEA | MIDEA | MSE1-24HR | MSE1-24HR | REVERSO | 24.000 | 7.032 | 7.03 | | 2.420 | | 2.91 | | | C | | 50,8 |
| GO MIDEA | MIDEA | MSV2 24 CR | MSV2 24 CR | FRIIO | 24.000 | 7.032 | 7.03 | | 2.338 | | 3.01 | | | B | | 49,1 |
| GO MIDEA | MIDEA | MSV2 24 HR | MSV2 24 HR | REVERSO | 24.000 | 7.032 | 7.03 | | 2.338 | | 3.01 | | | B | | 49,1 |
| GO MIDEA | MIDEA | MSS 28 CR | MSS 28 CR | FRIIO | 28.000 | 8.204 | 8.20 | | 3.143 | | 2.61 | | | D | | 66,0 |
| GO MIDEA | MIDEA | MSS 28 HR | MSS 28 HR | REVERSO | 28.000 | 8.204 | 8.20 | | 3.143 | | 2.61 | | | D | | 66,0 |
| GO MIDEA | MIDEA | MSE1-30CR | MSE1-30CR | FRIIO | 30.000 | 8.790 | 8.79 | | 3.032 | | 2.90 | | | C | | 63,7 |
| GO MIDEA | MIDEA | MSE1-30HR | MSE1-30HR | REVERSO | 30.000 | 8.790 | 8.79 | | 3.032 | | 2.90 | | | C | | 63,7 |
| GREE | GREE | GW07MA-D1NNA3C/I | GW07MA-D1NNA3C/O | FRIIO | 7.000 | 2.051 | 2.05 | | 639 | | 3.21 | | | A | | 13,4 |
| GREE | GREE | GW07NA-D1NNB1E/I | GW07NA-D1NNB1E/O | FRIIO | 7.000 | 2.051 | 2.05 | | 660 | | 2.97 | | | C | | 14,5 |
| GREE | GREE | GW07DAND1A3A/I | GW07DAND1A3A/O | FRIIO | 7.000 | 2.051 | 2.05 | | 670 | | 3.06 | | | B | | 14,1 |
| GREE | GREE | GW07MA-D1NNA3C/I | GW07MA-D1NNA3C/O | REVERSO | 7.000 | 2.051 | 2.05 | | 639 | | 3.21 | | | A | | 13,4 |
| GREE | GREE | GW07NA-D1NNB1E/I | GW07NA-D1NNB1E/O | REVERSO | 7.000 | 2.051 | 2.05 | | 720 | | 2.85 | | | C | | 15,1 |
| GREE | GREE | GW07DAND1A3A/I | GW07DAND1A3A/O | REVERSO | 7.000 | 2.051 | 2.05 | | 682 | | 3.01 | | | B | | 14,3 |
| GREE | GREE | GW09MA-D1NNA3C/I | GW09MA-D1NNA3C/O | FRIIO | 9.000 | 2.637 | 2.64 | | 820 | | 3.22 | | | A | | 17,2 |

Como neste caso os *splits* estão sempre em funcionamento, como tal foi necessário considerar e ajustar o valor da Tabela 61 relativo ao funcionamento durante 1 hora por dia para as 16 horas diárias durante a semana, excluindo o mês de Agosto. O valor estimado obtido associado ao consumo de energia elétrica da situação atual corresponde a 15945,6 kWh/ano.

7.4.5. Dimensionamento

De forma a substituir as atuais *splits* por *splits* energeticamente mais eficientes com classe do tipo A++, pois são as que apresentam a classe de eficiência energética mais elevada e com a tecnologia *DC INVERTER*, é necessário que o novo equipamento possua a mesma capacidade de refrigeração nominal, ou seja de 24000 *btu/h*. Pela análise do mercado optou-se por Ar Condicionado *Split* 24000 BTU/s Quente/Frio *Fujitsu Inverter* com o modelo ASBA24LFC (ver [anexo I](#)).

Tal como anteriormente, de forma a obter o consumo estimado dos novos equipamentos de ar condicionado *SPLITS* que se pretendem implementar, foi necessário consultar os modelos relativos ao consumo de energia com base nos resultados que estão contemplados no catálogo do fabricante e ajustar esse valor da

tabela 54 relativo ao funcionamento durante 1 hora por dia para as 16 horas diárias durante a semana, excluindo o mês de Agosto. O valor estimado obtido associado ao consumo de energia elétrica da situação atual corresponde a 11985,6 kWh.

A poupança estimada do consumo de energia elétrica através da implementação dos novos equipamentos ar condicionado *split* face aos atuais é dada por:

$$Poupança (\text{€}) = (15945,6 (\text{kWh}) - 11985,6 (\text{kWh})) \times 0,0459 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \text{ horas de vazio} \quad (13)$$

A estimada poupança económica obtida com a implementação dos novos equipamentos corresponde a 545,3 €.

7.4.6. Análise económica da implementação de novos equipamentos

O investimento relacionado com o novo modelo ASBA24LFC corresponde a 1415 €. Considerando ainda que pretende-se substituir os 3 equipamentos atuais de ar condicionado *split*, obtém-se um retorno de investimento que é dado por:

$$Payback = \left(\frac{3 (\text{splits}) \times 1415 (\text{€})}{3 (\text{splits}) \times 545,3 (\text{€})} \right) = 2,6 \text{ anos} \quad (14)$$

8. Conclusão

A adoção de uma metodologia sistemática, através do estabelecimento de um Sistema de Gestão de Energia, segundo a *NP EN ISO 50001*, deve ser encarada pelas empresas como um sistema que acarreta várias responsabilidades e trabalho, mas também deve ser vista como uma ferramenta que proporciona às organizações uma série de benefícios. Além disso, um SGE pode ser implementado de forma independente ou ser integrado com outros sistemas de gestão devido à sua compatibilidade com o sistema de gestão, nomeadamente Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e Sistema de Gestão Ambiental (SGA), pois o sistema de gestão de energia preconizado pela norma *NP EN ISO 50001*, obedece a uma metodologia *PDCA*.

Neste trabalho, pretendeu-se, avaliar a aplicabilidade da norma *NP EN ISO 50001* na organização do ISEP, nomeadamente nos edifícios B, G e H. Genericamente foram cumpridos os objetivos que foram propostos para esta dissertação.

Inicialmente houve a necessidade de realizar um levantamento dos diagramas unifilares dos quadros elétricos e a respetiva aparelhagem (disjuntores, interruptores de corte geral e diferenciais), em formato de *AUTOCAD 2011*, dos Edifícios B, G e H, assim como as características dos equipamentos existentes nos referidos edifícios, pois o ISEP não tinha essa informação disponibilizada. Verificou-se que existe seletividade da aparelhagem de proteção, nomeadamente os disjuntores e interruptores diferenciais.

Elaborou-se uma avaliação energética dos 3 edifícios, para analisar o uso e consumo de energia, de forma a classificar os tipos de energias utilizados e também quantificar os respetivos consumos de energia do ISEP, através da análise de faturas de energia elétrica, faturas do gás natural e através das leituras dos respetivos contadores de energia e consequente registo num ficheiro Excel. Para realizar uma avaliação energética aos 3 edifícios foi fundamental requisitar equipamentos de monitorização e medição de energia elétrica nomeadamente, *Fluke 434* e a pinça amperimétrica para determinar, não só a quantidade de energia consumida (kVA, kW e kVAr), mas

também a qualidade energética de cada edifício (componentes harmónicas de tensão e corrente e os respetivos THD), e constatou-se que os consumos energéticos ao longo da semana são praticamente constantes. Com esta avaliação energética foi possível identificar áreas com consumo significativo de energia, através da definição de diferentes critérios associados à instalação do ISEP, aos sistemas de energia e ao tipo de equipamentos.

Com o intuito de melhorar o desempenho energético dos edifícios B, G e H do ISEP, foram definidos indicadores de desempenho energético, objetivos e metas de desempenho energético bem como planos de ação para cumprimento dos mesmos, tendo em conta as medidas propostas, para esse efeito, nomeadamente em termos de iluminação; implementação de caldeiras a *pellets*; instalação de filtros ativos e substituição dos equipamentos de climatização *SPLITS* do GRAQ por *SPLITS* energeticamente mais eficientes e com a tecnologia *DC inverter*. Posteriormente definiu-se um método, de forma a priorizar as oportunidades de melhoria identificadas, que pressupõe a utilização de 3 critérios, com base no tempo de implementação de cada tecnologia necessário, na poupança anual (€/ano) e no tempo de retorno do investimento.

Relativamente ao enquadramento legal, foi possível consultar os documentos potencialmente aplicáveis ao ISEP, e desta forma identificá-los. Pode no âmbito do setor da indústria, destacar-se o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), segundo o DL nº 71/2008. Este decreto-lei aplica-se ao ISEP, pois segundo o Despacho nº 17313/2008, que estabelece os valores dos fatores de conversão para tep e CO₂ equivalente e através dos cálculos realizados, os consumos energéticos do ISEP correspondem a cerca de 711 tep/ano (tonelada equivalente de petróleo), para o ano de 2015. Para estes cálculos foram incluídos os consumos relativos à energia elétrica e ao gás natural canalizado, de toda a instalação do ISEP), do ano civil imediatamente anterior, ou seja, para o ano de 2015.

Quanto à legislação nacional relativa aos edifícios, através do DL nº118/2013, constata-se que este decreto-lei se aplica aos três edifícios em questão, ou seja, edifícios B, G e H, uma vez que segundo o mesmo decreto-lei, são abrangidos pelo SCE os edifícios ou frações existentes de comércio e serviço com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m².

Em termos de monitorização e medição, foi proposto e caracterizada a configuração de um sistema de monitorização, com base em analisadores da *Janitza* alojados nos quadros de entrada (*master*), que estabelecem ligações entre si, por intermédio de redes do tipo *Ethernet*, e que fazem a comunicação (*Modbus*) destes a um computador configurado para fazer a gestão de todos os analisadores de cada edifício, através do *software GridVis*. Este sistema de monitorização permitirá uma análise contínua dos parâmetros elétricos que atravessam os equipamentos, além disso o sistema de monitorização visa assegurar a implementação efetiva do Sistema de Gestão de Energia.

Para atender às exigências da norma *NP EN ISO 50001* foi elaborado um manual com a documentação e registos associados aos procedimentos documentados; instruções de trabalho e formulários e ainda uma proposta para a política energética do ISEP, considerando também o âmbito e os limites associados ao ISEP requeridos pela respetiva norma.

8.1. TRABALHOS FUTUROS

Para dar seguimento ao processo de certificação do ISEP, segunda a norma *NP EN ISO 50001*, é necessário que existam evidências do cumprimento de toda e qualquer legislação energética que seja aplicável ao ISEP.

O investimento inicial é considerável, mas este valor torna-se facilmente irrisório considerando os ganhos que o ISEP poderá adquirir de acordo com os benefícios que já foram enumerados.

8.2. Recomendações

Além das considerações futuras no que diz respeito à possibilidade de implementar a norma *NP EN ISO 50001*, torna-se fundamental realizar uma avaliação técnico-económica para a implementação de outro tipo de tecnologias que não foram exploradas neste trabalho devido à limitação do tempo para a realização desta dissertação. Neste enquadramento propõem-se também algumas recomendações.

Em termos de aquecimento central dos edifícios poderá ser feito um estudo para analisar a viabilidade técnico-económica da implementação da tecnologia de piso radiante a água, com a integração de painéis solares. Os sistemas de piso radiante são

capazes de cobrir completamente as necessidades de aquecimento de qualquer edifício e oferecem um conforto perfeito resultante de uma distribuição completamente homogénea do calor, sendo que também poderá ainda ser utilizado para produzir frio no verão ao combinar esta tecnologia com uma bomba de calor reversível. Além disso, uma vez que existem portas que estão permanentemente abertas, nomeadamente na entrada para os diversos edifícios, torna-se fundamental, ainda no que se refere às necessidades de aquecimento e arrefecimento, a utilização de portas automáticas de forma a minimizar as perdas energéticas associadas às necessidades de aquecimento e arrefecimento nos respetivos períodos de inverno e verão.

Relativamente aos laboratórios de investigação do edifício G, no que diz respeito à climatização e ao funcionamento dos sistemas de ar condicionado *split*, uma vez que este tipo de equipamentos se encontra instalado junto dos equipamentos associados às operações de cromatografia, gasosa, líquida, entre outros, deverá ser necessário equacionar uma redistribuição dos equipamentos de forma a minimizar as necessidades de arrefecimentos dos sistemas *split*. Poderá, também, ser feita uma análise técnico-económica para verificar qual a viabilidade da instalação de permutadores de calor nos frigoríficos, de forma a minimizar as necessidades de arrefecimento devido ao calor que os frigoríficos libertam para a atmosfera onde se encontram inseridos.

Por fim, no caso do edifício de informática B, dado o vasto número de computadores existentes que consomem uma percentagem significativa de energia e que por vezes não estão a ser utilizados, poderá ser necessário implementar uma aplicação informática que limite o fornecimento de energia dos computadores, após um determinado intervalo de tempo definido de inatividade dos mesmos.

9. REFERÊNCIAS

- [1]—www.apren.pt/pt/dadostecnicos/index.php?id=206&cat=197,acedido em Fevereiro de 2016.
- [2] – <https://poseur.portugal2020.pt/Content/docs/Poseur/PNAEE.pdf>, acedido em Fevereiro de 2016.
- [3] - REA 2013 Portugal Relatório do Estado do Ambiente, acedido em Fevereiro de 2016.
- [4] - ENERGIA em Portugal DGEG 2013, acedido em Fevereiro de 2016.
- [5] - <http://www.adene.pt/certificacao-energetica-de-edificios>, acedido em Fevereiro de 2016.
- [6] - World Business Council for Sustainable Development, "Transforming the Market," Energy Efficiency in Buildings, p. 51, acedido em Fevereiro de 2016.
- [7]-<http://www1.ipq.pt/PT/Site/Noticias/Pages/Sistemas-de-Gest%C3%A3o-de-Energia-.aspx>, acedido em Março de 2016.
- [8] -<http://www.aramalhao.com/index.php/consultoria/energia/130-energia>, acedido em Março de 2016.
- [9]-<http://www.osetoreletrico.com.br/web/colunistas/michel-epelbaum/864-iso-serie-50000-normas-de-gestao-de-energia.html>, acedido em Março de 2016.
- [10] - http://www.ipq.pt/backfiles/Sistema_gestao_energia.pdf, acedido em Março de 2016.
- [11] - NP EN ISO 50001, acedido em Março de 2016.
- [12] - Adaptado de (McCaffrey & Monaghan, 2012)), acedido em Abril de 2016.
- [13] - <http://www.apcergroup.com/brasil/index.php/pt/newsroom/705>, acedido em Abril de 2016.
- [14] - http://www.adene.pt/sites/default/files/131216sce_rfragoso.pdf, acedido em Abril de 2016.
- [15] -<http://www.apett.com.pt/var/imagens/gerais/File/pdfs/DGEG%20SGCIE.pdf>, acedido em Abril de 2016.
- [16] - Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, "Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)," Diário da República, vol. 67, pp. 2468-2513, Abril 2006, acedido em Abril de 2016.

- [17] - Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril, "Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)," Diário da República, vol. 67, pp. 2416-2468, Abril 2006, acedido em Abril de 2016.
- [18] - [DIRECTIVA 2010/31/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 19 de Maio de 2010] , acedido em Abril de 2016.
- [19] - DOE eguide ISO 50001, acedido em Abril de 2016.
- [20] - Guidebook for ISO 50001 Energy Management System, publicado em março de 2013, acedido em Abril de 2016.
- [21]-http://tudosobregeoprocessamento.blogspot.pt/2011/06/espectro-eletromagnetico_29.html, acedido em Maio de 2016.
- [22]-http://www.lighting.philips.com/pwc_li/pt_pt/application_areas/assets/documents/solucoes-de-controlo-para-iluminacao-de-escritorios.pdf. Soluções de controlo para iluminação de escritórios, acedido em Maio de 2016.
- [23]-<https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/l%C3%A2mpada>, acedido em Maio de 2016.
- [24] - <https://pt.wikipedia.org/wiki/caldeira>, acedido em Maio de 2016.
- [25] - <http://www.ebah.pt/content/ABAAfSBMAF/caldeiras>, acedido em Maio de 2016.
- [26] - Dawoud et al., 2007, acedido em Maio de 2016.
- [27] - Deswarte, 2008, acedido em Maio de 2016.
- [28] - Energias Renováveis, 2015, acedido em Maio de 2016.
- [31] - Dawoud et al., 2007, acedido em Maio de 2016.
- [29] - Pellerger, 2014, acedido em Maio de 2016.
- [30] - https://pt.wikipedia.org/wiki/Unidade_de_tratamento_de_ar, acedido em Maio de 2016.
- [31] - https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_split, acedido em Maio de 2016.
- [32] - <http://www.tecnogeradores.com.br/blog/qualidade-de-energia-eletrica-o-que-e-e-como-funciona-um-analisador-de-energia/>, acedido em Maio de 2016.
- [33]-<http://www.geocities.ws/jcc5000/juvresposta67harmonicas.html>, acedido em Maio de 2016.
- [34]<https://www.schneider-electric.com.br/documents/cadernos-tecnicos/harmon.pdf>, acedido em Maio de 2016.
- [35]<http://arayaingenieria.blogspot.pt/2011/01/harmonicos-de-corrente-e-tensao.html> [35] http://www.adene.pt/sites/default/files/guiaee_v1310.pdf, acedido em Maio de 2016.

- [36] - http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed21/ed_21_Aula.pdf, acedido em Maio de 2016.
- [37] - www.polirigidoeco.com/produtos/iluminação-natural, acedido em Maio de 2016.
- [38]-<http://www.solarwaters.pt/aquecimento-central-%E2%80%93-solucoes-disponiveis-e-a-suas-vantagens>, acedido em Maio de 2016.
- [39] - Schneider Electric, "<http://www2.schneider-electric.com>, acedido em Março de 2016.
- [40] - Camillebauer, "<http://www.camillebauer.com>, acedido em Março de 2016.
- [41] - Fluke, "<http://www.fluke.com>, acedido em Março de 2016.
- [42] - Implementing ISO 50001 Energy Management Standard, A Practitioner's Guide, Copyright © 2011, UL DQS Inc.] , acedido em Março de 2016.
- [43] - Guidebook for ISO 50001 Energy Management System, publicado em março de 2013, acedido em Março de 2016.
- [44]- Fernando Maurício Teixeira de Sousa Dias, "Qualidade da tensão," Apontamentos da disciplina de Qualidade de Serviço em Sistemas Eléctricos de Energia, ISEP, acedido em Março de 2016.
- [45] - EDF, "Técnicas de Iluminação," www.ploran.com, Maio 2011 1999, acedido em Maio de 2016.
- [46] -Paulo Alexandre Camacho, "Mudar so balastros poupa 20 a 25%," <http://www.jornaldamadeira.pt/not2008.php?Seccao=11&id=134909&sdata=2009-10-04>, Maio de 2011 2009, acedido em Maio de 2016.
- [47] - Zantia, 2016c, acedido em Maio de 2016.
- [48] - Biomassa & Industrial, 2015, acedido em Maio de 2016.
- [49] - EDP, 2015, acedido em Maio de 2016.
- [50] - Rodrigues, 2006, acedido em Maio de 2016.
- [51] -European Commission/CEMEP, "Electric motor efficiency – Saving Europe's energy and environment", 2003, acedido em Junho de 2016.
- [52]-http://www.laboratorio.online.pt/pdf/mec_variadores%20velocidade.pdf, acedido em Junho de 2016.
- [53] - <http://www.energie.pt/fr/produtos-2/aquapura-inverter>, acedido em Junho de 2016.

ANEXOS

ANEXO A – Lista de equipamentos do edifício G.

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Localização | Unidades | Tipo de energia consumida | Capacidade nominal (W) | Horas de Operação (horas) | Critério potência nominal | Critério nº de horas | Pontuação |
|--|-------------------------------|-------------|----------|---------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| Liquid Chromatograph mass spectrometer | LCMS-8030 SHIMADZU | G105 | 1 | Elétrica | 3000 VA | >16 | 3 | 9 | 27 |
| Computador | | | 6 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Sistema Geração de Azoto GAsMAN | AZOTO DOMINIK HUNTER | | 1 | Elétrica | | >16 | 1 | 9 | 9 |
| Split | MSX24-RNI-Q28 | | 2 | Elétrica | 7/7 (12) | ≥ 8 e < 16 horas | 5 | 5 | 25 |
| Split | SANYO SAP-CRYAEH | | 1 | Elétrica | 2.64/2.75 (4 A) | >16 | 3 | 9 | 27 |
| Liquid Chromatograph | LC-2795 PDA-2996 FLD-2475 | | 1 | Elétrica | 100 VA | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| | LC-20AD SPD-M20A RF-10AXL | | | Elétrica | 150 VA | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| | LC-20AD SPD-M20A RF-10AXL | | | Elétrica | 150 VA | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Arca Frigorífica | | | 2 | Elétrica | 500 | >16 | 1 | 9 | 9 |
| Estufa de Germinação | BINDER E&M01 | | 1 | Elétrica | 2400 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| Incubadora | THERMOSTAT SCHRARK | | | Elétrica | 1350 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| Bomba | LEROY SUMMER CF29PR60/4 | | | Elétrica | 450 | >16 | 1 | 9 | 9 |
| Hotte | INDUSTRIAL LABORUM | | | Elétrica | | | | | |
| Autoclave | UNICLAVE 88 | | | Elétrica | 2000 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| HOTTE | INDUSTRIAL LABORUM | G104 | | Elétrica | | | | | |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 6 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Spectrometer | 6100 JENWAY | | 1 | Elétrica | 1A 230 V | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Estufa | PSELECTA | | | Elétrica | 620 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Thermoelectron | NICOLET EVOLUTION 300 | | | Elétrica | 740 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Spectrophotometer | 6405uv/vis. JENWAY | | | Elétrica | 200 VA | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Banho termostático | BSC127E | | | Elétrica | 1600 | < 2 horas | 3 | 1 | 3 |
| Leitor de placas multimodo | Synergy HT - SIAFRT | | 1 | Elétrica | 130 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Arca Frigorífica | | | | Elétrica | 500 | >16 | 1 | 9 | 9 |
| HOTTE | | | 1 | Elétrica | | | | | |
| Arca Frigorífica | | G302 | 2 | Elétrica | 500 | >16 | 1 | 9 | 9 |
| Espectrofotómetro | SPECTROMETER UV-160A SHIMADZU | | 2 | Elétrica | 140 VA | < 2 horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 1 | Elétrica | 300 | < 2 horas | 1 | 1 | 1 |
| Thermal cyler | C1000 | | | Elétrica | 850 | < 2 horas | 1 | 1 | 1 |
| Centrifuga | 5804 EPPENDORF | | | Elétrica | 900 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Centrifuga | 5424 EPPENDORF | | | Elétrica | 250 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| TESLAR | BIO-II-A | | | Elétrica | 1200 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| Gravimeta | Incucell | | | Elétrica | 500 | < 2 horas | 1 | 1 | 1 |
| Memmert | | | | Elétrica | 900 | < 2 horas | 1 | 1 | 1 |
| Binder | | | 2 | Elétrica | 1200 | < 2 horas | 3 | 1 | 3 |

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Localização | Unidades | Tipo de energia consumida | Capacidade nominal (w) | Horas de Operação (horas) | Critério potência nominal | Critério nº de horas | Pontuação |
|---|--|------------------------------|----------|---------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| HOTTE | | G304 | 3 | Elétrica | | ≥ 2 e < 8 horas | | 3 | |
| Memmert | BANTER 04 | | | Elétrica | 1200 | ≥ 2 e < 8 horas | 3 | 3 | 9 |
| Estufa | | | | Elétrica | 1200 | ≥ 2 e < 8 horas | 3 | 3 | 9 |
| Centrifuga | 03 TS JANETZKI | | | Elétrica | 25 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Forno | Termolab | | 1 | Elétrica | 4000 | ≥ 2 e < 8 horas | 3 | 3 | 9 |
| Titulador de Karl Fischer | MKC520-D | | | Elétrica | 50 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| ECLIPSE MICROSCÓPIO | | | 1 | Elétrica | 40 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| CÂMARA DE FLUXO LUMIAR | | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Máquina de gelo | IMS-150 FLUKE ICE MAKER | | | Elétrica | 685 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| HOTTE | | G306 | 6 | Elétrica | | <2Horas | | | |
| Estufa | Memmert | | | Elétrica | 1500 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| Memmert | BANTER | | 2 | Elétrica | 1200 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| Janetzki | TS | | 1 | Elétrica | 25 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Estufa | DOODROP | G101 | 1 | Elétrica | 2200 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| JAR TEST | | G303 | 1 | Elétrica | 19 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Centrifuga | Heraeus Megafuge 16R | | 1 | Elétrica | 1400 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| Centrifuga | Heraeus Fresco 21 | | 1 | Elétrica | 370 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Moinho ultracentrifugo + alimentador vibratório | ZM 200 + DR 100 | | 1 | Elétrica | 1300 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| SPLIT CASSETE | MIDEA M20D-18HPNI-Q (INVERTER) | | 2 | Elétrica | 5.2/6 (7 A) | <2Horas | 5 | 1 | 5 |
| Mufla | | | 1 | Elétrica | 2400 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| Espectrofotómetro | UV-210 | | 1 | | 690 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Potenciómetro (2x) | 780 PH meter | G103 | 2 | Elétrica | 5 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Detetor amperimétrico | 791VA | | 1 | Elétrica | 5VA | ≥ 2 e < 8 horas | 3 | 3 | 9 |
| Detetor amperimétrico | 641VA | | 1 | Elétrica | 5VA | ≥ 2 e < 8 horas | 3 | 3 | 9 |
| 2xPotencióstato/galvanostato | PGSTAT204 | | 2 | Elétrica | 8 | >16 | 1 | 9 | 9 |
| Potencióstato/galvanostato | PGSTAT101 | | 1 | Elétrica | 1 | >16 | 1 | 9 | 9 |
| Potencióstato/galvanostato com módulo FRA | PGSTAT128N | | 1 | Elétrica | 9,6 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Potencióstato/galvanostato | PGSTAT12 | | 1 | Elétrica | 120 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Potencióstato/galvanostato | PSTAT10 | | 1 | Elétrica | 4 | < 2 horas | 1 | 1 | 1 |
| SECADOR | | | 1 | Elétrica | 180 | >16 | 1 | 9 | 9 |
| COMPRESSOR | KAISER KCT 840-250ST | | 1 | Elétrica | 4000 | >16 | 3 | 9 | 27 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | G201 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | G202 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projector | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | G203 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projector | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Estufa | Memmert | G307 | 1 | Elétrica | 1500 | ≥ 2 e < 8 horas | 3 | 3 | 9 |
| Espectrofotómetro | Atomic absorption Spectrophotometer PG-990 | G305 | 1 | Elétrica | 7000 | < 2 horas | 5 | 1 | 5 |
| Perkin elmer | | | 1 | Elétrica | 10,1kVA | <2Horas | 5 | 1 | 5 |
| Rooftop DAIKIN UATY Q.350CY1 | | Cobertura exterior 2º piso G | 1 | Elétrica | 7920 | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Localização | Unidades | Tipo de energia consumida | Capacidade nominal (W) | Horas de Operação (horas) | Critério potência nominal | Critério nº de horas | Pontuação |
|---------------------------|--------------------------|-------------|----------|---------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| TERMOSTATO DE IMERSÃO | LAUDA A100 | H509 | 1 | Elétrica | 1600 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |
| DISCO DE AQUECIMENTO | ASL FA7 | | | Elétrica | 1000 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| DISCO DE AQUECIMENTO | ASL FA7 | | | Elétrica | 1000 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| DISCO DE AQUECIMENTO | ASL FA7 | | | Elétrica | 1000 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Banho-maria | | | | Elétrica | 250 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Casa térmica | | H507 | 10 | Elétrica | 100 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Osciloscópio | MO 12215 | | | Elétrica | 55 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Fonte de alimentação | HY3005D-3 KAISE | H503 | 8 | Elétrica | 160 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Osciloscópio | ISO-TECH GFG-8219# | | | Elétrica | 60 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Fonte de alimentação | ISO-TECH IPS-2303 | | | Elétrica | 180 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Osciloscópio | TOPWARD 7025 | | 1 | Elétrica | 60 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H202 | 1 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37# | | | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H204 | 1 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H205 | 6 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H206 | 1 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37# | | | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H207 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37# | | | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H208 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37# | | | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H209 | 1 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37# | | | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H210 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37# | | | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H211 | 4 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H304 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37# | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H305 | 6 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37# | | 1 | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H306 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37# | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H307 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37# | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H308 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37# | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |

ANEXO B – Lista de equipamentos do edifício H.

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Localização | Unidades | Tipo de energia consumida | Capacidade nominal (W) | Horas de Operação (horas) | Critério potência nominal | Critério nº de horas | Pontuação |
|---------------------------|--------------------------|-------------|----------|---------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H309 | 1 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projetor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H310 | 11 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projetor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H311 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projetor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H312 | 18 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projetor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H313 | 12 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projetor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H402 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H404 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H405 | 3 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H406 | 3 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H407 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H408 | 4 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H409 | 3 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H410 | 3 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H411 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H412 | 4 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H413 | 3 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H414 | 3 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H415 | 3 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster | H416 | 3 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|------|---|----------|------|-----------------|---|---|---|
| | 923NW | | | | | | | | |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H419 | 1 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H420 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H421 | 1 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H422 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H423 | 1 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H424 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | H425 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37ª | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Osciloscópio | MO 1221S | | 1 | Elétrica | 55 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 48SX6U23 | H202 | 1 | Elétrica | 1600 | <2Horas | 3 | 1 | 3 |

ANEXO C – Lista de equipamentos do edifício B.

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Localização | Unidades | Capacidade nominal (W) | Horas de Operação (horas) | Critério potência nominal | Critério nº de horas | Pontuação |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|----------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| Computador | 1 | B101 | 1 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | 1 | | | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | 1 | B103 | 1 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | 1 | | | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | 1 | B106 | 1 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | 1 | | | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | 1 | B105 | 1 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | 1 | | | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | 1 | B104 | 9 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Impressora | CANON IR7105 | | 3 | 2500 | ≥ 8 e < 16 horas | 3 | 3 | 9 |
| | CANON 2230 | | 1 | 1350 | ≥ 8 e < 16 horas | 3 | 3 | 9 |
| | CLC 4040 | | | 1500 | ≥ 8 e < 16 horas | 3 | 3 | 9 |
| | IPF 8000 | | | 190 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 3 | 3 |
| | FASTBIND | | | 850 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 3 | 3 |
| Encadernadora | FASTBIND | | | | | | | |
| Guilhotina | ideal 4850-95 EP | | | 1100 | ≥ 8 e < 16 horas | 3 | 3 | 9 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B107 | 1 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37A | | | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B109 | 1 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37A | | | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B113 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B114 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B115 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B116 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B117 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B118 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B119 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B201 | 1 | 300 | < 2 horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | 200 | < 2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B202 | 1 | 300 | < 2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | 200 | < 2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | | 1 | 7406 | < 2Horas | 5 | 3 | 15 |

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Localização | Unidades | Capacidade nominal (W) | Horas de Operação (horas) | Critério potência nominal | Critério nº de horas | Pontuação |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|----------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B203 | 1 | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | | 1 | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B204 | 9 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B205 | 9 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B206 | 8 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B207 | 7 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B208 | 6 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B209 | 8 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B213 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B214 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B215 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B216 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B217 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B218 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B219 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B301 | 1 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | | 1 | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B302 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B303 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | | 1 | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B304 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B305 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Localização | Unidades | Capacidade nominal (W) | Horas de Operação (horas) | Critério potência nominal | Critério nº de horas | Pontuação |
|-------------------------------|----------------------------|-------------|----------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B306 | 8 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37# | | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Split | HSU-16G03 | | 1 | 1620 | ≥ 8 e < 16 horas | 3 | 5 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B307 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B308 | 4 | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projector | Modelo P-37# | | 1 | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 7 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37# | B309 | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B310 | 7 | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projector | Modelo P-37# | | 1 | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 9 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projector | Modelo P-37# | B311 | 1 | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Split | MIDEA MSX 24-RNI-Q28 | | 1 | 7/7 (12 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 4 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Split | MIDEA MSX 24-RNI-Q28 | B312 | 1 | 7/7 (12 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B313 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B318 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B319 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B323 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B324 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B401 | 1 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projector | Modelo P-37# | | 1 | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | | 1 | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B402 | 5 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projector | Modelo P-37# | | 1 | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 7 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37A | B403 | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B404 | 9 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| SPLIT | AIRWELL GC24RCZFR410 AW | | 1 | 6.82/7.15 (10 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B405 | 4 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B407 | 8 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 8 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projector | Modelo P-37A | B408 | 1 | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B409 | 8 | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projector | Modelo P-37A | | 1 | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B414 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B415 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B416 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B417 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B418 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B419 | 2 | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Chiller | Carrier 30RH-050-B0663-PEE | Cobertura | 1 | 43.6/44.6 (34,7 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 9 | 3 | 27 |

| Designação do equipamento | Modelo/Marca | Localização | Unidades | Tipo de energia consumida | Capacidade nominal (W) | Horas de Operação (horas) | Critério potência nominal | Critério nº de horas | Pontuação |
|-------------------------------|----------------------------|-------------|----------|---------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B306 | 8 | Elétrica | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Split | HSU-16G03 | | 1 | Elétrica | 1620 | ≥ 8 e < 16 horas | 3 | 5 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B307 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B308 | 4 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 7 | Elétrica | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projektor | Modelo P-37A | B309 | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B310 | 7 | Elétrica | 300 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | Elétrica | 200 | <2Horas | 1 | 1 | 1 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 9 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37A | B311 | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Split | MIDEA MSX 24-RNI-Q28 | | 1 | Elétrica | 7/7 (12 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 4 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Split | MIDEA MSX 24-RNI-Q28 | B312 | 1 | Elétrica | 7/7 (12 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B313 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B318 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B319 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B320 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B321 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B322 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B323 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B324 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B401 | 1 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Unidade compacta por condutas | MOD 50QQ | | 1 | Elétrica | 7406 | <2Horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B402 | 5 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 7 | Elétrica | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projektor | Modelo P-37A | B403 | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 9 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| SPLIT | AIRWELL GC24RCZFR410 AW | B404 | 1 | Elétrica | 6.82/7.15 (10 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 5 | 3 | 15 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 4 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 8 | Elétrica | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projektor | Modelo P-37A | B407 | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 8 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B408 | 8 | Elétrica | 300 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Projektor | Modelo P-37A | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | | 1 | Elétrica | 200 | ≥ 8 e < 16 horas | 1 | 5 | 5 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B413 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B414 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B415 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B416 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B417 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B418 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Computador | Samsung SyncMaster 923NW | B419 | 2 | Elétrica | 300 | ≥ 2 e < 8 horas | 1 | 3 | 3 |
| Chiller | Carrier 30RH-050-B0663-PEE | Cobertura | 1 | Elétrica | 43.6/44.6 (34,7 A) | ≥ 2 e < 8 horas | 9 | 3 | 27 |

ANEXO D – Descrição dos analisadores de energia da JANITZA instalados nos edifícios B, G e H.

| QUADRO | PISO | Corrente (A) | Aparelho de proteção | Descrição do analisador de energia JANITZA |
|---------------------------------|------|--------------|------------------------|--|
| ED. G geral | 2 | 400 | 400NA MERLIN GERIN | UMG 604E Analisador de energia trifásico, calha DIN; Ethernet, RS232, RS485, 2+2 E/S digitais. |
| EDIFÍCIO gabinetes ^G | 2 | 40 | ISW 4x40 A SCHNEIDER | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |
| GRAQ | 1 | 80 | HAGER IE 4X80A | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |
| ED. G PARCIAL | 3 | 80 | MERLIN GERIN ID 4X80 | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |
| ED. B GERAL | 1 | 630 | C630NI COMPACT | UMG 604E Analisador de energia trifásico, calha DIN; Ethernet, RS232, RS485, 2+2 E/S digitais. |
| EDBQ1 | 1 | 160 | 4XIN160T MERLIN GERIN | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |
| ED. B Q2 PARCIAL | 2 | 100 | 4X100 MERLIN GERIN | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |
| ED. B Q3 PARCIAL | 3 | 160 | IN160T MERLIN GERIN | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |
| ED. B Q4 PARCIAL | 4 | 160 | IN160T MERLIN GERIN | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |
| ED. H GERAL | 2 | 250 | 3XNS 250N MERLIN GERIN | UMG 604E Analisador de energia trifásico, calha DIN; Ethernet, RS232, RS485, 2+2 E/S digitais. |
| ED. H Q3 PARCIAL | 3 | 100 | 4X100 MERLIN GERIN | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |
| ED. H Q4 PARCIAL | 4 | 100 | 4X100 MERLIN GERIN | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |
| ED. H Q5 PARCIAL | 5 | 100 | 4X100 MERLIN GERIN | UMG 104 Analisador de energia trifásico, calha DIN; 2+2 E/S digitais, RS232, RS485. |

ANEXO E - Orçamento do tipo de transformadores de corrente

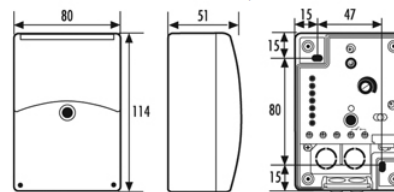
| QUADRO | PISO | Unidades | Valor s/IVA (€) | Unitário | Tipo de Transformador de corrente | Unidades | Valor s/IVA (€) | Unitário | Total (€) |
|-------------------------|------|----------|--------------------|----------|---|----------|--------------------|----------|--------------|
| ED. G geral | 2 | 1 | 605 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 400/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| EDIFÍCIO G gabinetes | 2 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 40/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| GRAQ | 1 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 80/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| ED. G PARCIAL | 3 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 80/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| ED. B GERAL | 1 | 1 | 605 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 630/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| EDBQ1 | 1 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 160/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| ED. B Q2 PARCIAL | 2 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 100/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| ED. B Q3 PARCIAL | 3 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 160/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| ED. B Q4 PARCIAL | 4 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 160/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| ED. H GERAL | 2 | 1 | 605 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 250/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| ED. H Q3 PARCIAL | 3 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 100/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| ED. H Q4 PARCIAL | 4 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 100/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |
| ED. H Q5 PARCIAL | 5 | 1 | 405 | | Transformador de corrente, núcleo aberto, 100/5A, classe 0,5. | 4 | 60 | | 240 |

ANEXOS F - Características técnicas do detetor de Presença MD-360i/12mini

| Características técnicas: | |
|--|--|
| • N.º E anterior | |
| • Tensão da rede | 230 V CA, 50 - 60 Hz |
| • Consumo de potência aprox. | 0,2 W |
| • Campo de detecção | 360º |
| • Alcance | |
| aprox. 12 m de diâmetro com uma altura de montagem de 3 m | |
| • Opções de ajuste | |
| a nível electrónico com os controlos remotos por infravermelhos Mobil-PDi/MDi e Mobil-RCi-M (encomendar à parte) | |
| • Canal 1 | iluminação |
| • Contacto | contacto de trabalho/com potencial |
| • Potência de comutação | 230 V CA, 50 Hz/(relé de 16 A), 2300 W/10 A (cos phi = 1), 1150 VA/5 A (cos phi = 0,5) |
| carga capacitiva/balastos electrónicos corrente de conexão máx. | |
| 450 A/200 µs | |
| 30 x (1 x 18 W), 20 x (2 x 18 W), 25 x (1 x 36 W), 15 x (2 x 36 W), 20 x (1 x 58 W), 10 x (2 x 58 W) | |
| • Entrada para botão de pressão 1 | sim |
| • Temporização | |
| impulso de cerca de 1 min. - 15 min. | |
| • Medição da luz | luz mista |
| • Valor de luminosidade | cerca de 5 - 2000 Lux |
| • Temporização | |
| impulso de cerca de 1 min. - 15 min. | |
| • Temperatura admissível | -10 °C...+50 °C |
| • Índice de protecção | IP 55 |
| • Classe de protecção | II |
| • Cabo de alimentação | 60 cm, 4 x 1,00 mm² |
| • Conteúdo do fornecimento | |
| inclui máscara lenticular, grampos elásticos de montagem, anel de aperto de montagem | |
| • Tipo de montagem | montagem embutida no tecto |
| • Invólucro | polietileno resistente à luz UV |
| • policarbonato resistente à luz UV | |
| • Cor | fosco opala |

ANEXO G - Características técnicas do Interruptor Crepuscular CDS-AT

| Características técnicas: | |
|---|-----------------------------------|
| • N.º E anterior | |
| • Tensão da rede | 230 V CA, 50 Hz |
| • Consumo de potência aprox. | 1,2 W |
| • Potência de comutação | |
| 230 V CA, 50 Hz, 10 A ($\cos \phi = 1$), 3 A ($\cos \phi = 0,5$), 12/24 V CC/5 A, contacto de relé livre de potencial | |
| • Valor de luminosidade | 5 - 300 Lux |
| • Atraso de activação | 60 sek. |
| • Atraso de desactivação | 60 sek. |
| • Temperatura admissível | -25 °C...+55 °C |
| • Índice de protecção | IP 54 |
| • Classe de protecção | II |
| • Invólucro | polycarbonato resistente à luz UV |
| • Medidas aprox. | |
| altura 114 mm x largura 80 mm x comprimento 51 mm | |
| • Cor | branco, semelhante RAL 9010 |



ANEXO H - Características técnicas das Canalizações elétricas:

Características físicas

| Physical Characteristics (Overall) | | | |
|---|------|--|--------------------|
| Conductor | | | |
| AWG: | | | |
| # Pairs | AWG | Stranding | Conductor Material |
| 1 | 20 | 7x28 | TC - Tinned Copper |
| Insulation | | | |
| Insulation Material: | | | |
| Insulation Material Wall Thickness (in.) | | | |
| PE - Polyethylene | | | |
| Outer Shield | | | |
| Outer Shield Material: | | | |
| Outer Shield Trade Name | Type | Outer Shield Material | Coverage (%) |
| Beldco | Tape | Aluminum Foil-Polyester Tape w/Shorting Fold | 100 |
| Outer Shield Drain Wire AWG: | | | |
| AWG Stranding Drain Wire Conductor Material | | | |
| 20 7x28 TC - Tinned Copper | | | |
| Outer Jacket | | | |
| Outer Jacket Material: | | | |
| Outer Jacket Material Nom. Wall Thickness (in.) | | | |
| PVC - Polyvinyl Chloride .028 | | | |
| Overall Cable | | | |
| Overall Nominal Diameter: | | | 0.204 in. |
| Pair | | | |
| Pair Color Code Chart: | | | |
| Number Color | | | |
| 1 Black & Clear | | | |
| Pair Lay Length & Direction: | | | |
| Lay Length (in.) Twist/Lft. (twist/ft) | | | |
| 1,500 8,000 | | | |

Características mecânicas

| Mechanical Characteristics (Overall) | |
|--|--------------------------|
| Operating Temperature Range: | -20°C To +60°C |
| UL Temperature Rating: | 60°C (UL AWM Style 2092) |
| Bulk Cable Weight: | 21.200 lbs/1000 ft. |
| Max. Recommended Pulling Tension: | 46 lbs. |
| Min. Bend Radius (Install)/Minor Axis: | 2 in. |

Características eléctricas

Electrical Characteristics (Overall)

Nom. Characteristic Impedance:

Impedance (Ohm)
56

Nom. Inductance:

Inductance ($\mu\text{H}/\text{ft}$)
.18

Nom. Capacitance Conductor to Conductor:

Capacitance (pF/ft)
27

Nom. Capacitance Cond. to Other Conductor & Shield:

Capacitance (pF/ft)
49

Nom. Conductor DC Resistance:

DCR @ 20°C (Ohm/1000 ft)
9.5

Max. Operating Voltage - UL:

Voltage
300 V RMS

Max. Recommended Current:

Current
3.9 Amps per conductor @ 25°C

ANEXO I – Características técnicas do Split 24000 BTU/s Quente/Frio 220V Fujitsu Inverter ASBA24LFC

Características técnicas

| | |
|--|--|
| Código Modelo Evap. | ASBA24LFC |
| Código Modelo Cond. | AOBR24LFL |
| Alimentação (volts) | 220v |
| Corrente Elétrica de Refrigeração (amperes) | 10.1 |
| Eficiência Energética EER (W/W) | 3.26 |
| Potência de Refrigeração (W) | 7.032 |
| Ciclo | QUENTE/FRIO |
| Vazão de ar (m³/h) | 1.100 |
| Gás Refrigerante | R-410A |
| Classificação Energética (INMETRO) | A |
| Tipo do Condensador | HORIZONTAL |
| Tipo de tecnologia do compressor | INVERTER |
| Consumo de Energia Procel (kWh/mês)* | 45.4 |
| Controle da direção do ar (Para cima - Para baixo) | AUTOMATICO |
| Controle de temperatura estável | SIM |
| Garantia | 2 anos no equipamento e 5 anos no compressor concedida pela Fujitsu. |

ANEXO J—Ensaio realizado no laboratório de Biomassa (*pellets*) da UNESP do Campus Experimental de

Itapeva

| Propriedades | Unid. | P1 | P2 | P3 |
|----------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| Diâmetro médio | mm | 6,2 | 6,6 | 6,3 |
| PCS | MJ/kg | 18,81 | 19,48 | 19,13 |
| PCI | MJ/kg | 17,35 | 18,13 | 17,70 |
| Densidade a granel | kg/m ³ | 647,4 | 638,0 | 638,1 |
| Cinzas | % | 0,93 | 0,33 | 0,59 |
| Densidade energética | GJ/m ³ | 11,23 | 11,57 | 11,29 |
| Teor de umidade | % | 10,25 | 6,76 | 7,78 |

ANEXO K – Calendarização do Trabalho.

| Nome da tarefa | Duraçã o | Início | Fim | 1ª Semana | 2ª Semana | 3ª Semana | 4ª Semana | 5ª Semana | 6ª Semana | 7ª Semana | 8ª Semana | 9ª Semana | 10ª Semana | 11ª Semana | 12ª Semana | 13ª Semana | 14ª Semana | 15ª Semana | 17ª Semana | 16ª Semana |
|--|-------------|--|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Pesquisa (Internet e livros e guiões relacionados com tema) | 1 dia | Terça- feira 23/02/ 16 | Quarta- feira 24/02/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudo da Norma NP EN ISO 50001 | 9 dias | Quarta- feira 24/02/ 16 | Sexta- feira 04/03/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Realização do relatório preliminar | 16 dias | Quarta- feira 24/02/ 16 | Sexta- feira 11/03/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construção do relatório de projeto | | Quarta- feira 24/02/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Realização do Manual de gestão energética | | Sexta- feira 04/03/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pesquisa de legislação, diretivas e decretos de lei associados ao tema | 1 semana | Sexta- feira 04/03/ 16 | Sexta- feira 11/03/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recolha e análise das faturas do gás natural e da eletricidade | 1 semana | Sexta- feira 11/03/ 16 | Sexta- feira 18/03/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Levantamento unifilar dos quadros elétricos dos edifícios B, G e H. | 1 semana | Sexta- feira 18/03/ 16 | Sexta- feira 25/03/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Registo das características técnicas dos equipamentos dos edifícios B, G e H | 6 dias | Sexta- feira 25/03/ 16 | Quinta- feira 31/03/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Realização do Resumo, índice e introdução | 4 dias | Quinta- feira 31/03/ 16 | Segun- da- feira 04/04/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudo de medidas de eficiência energética | 15 dias | Segun- da- feira 04/04/ 16 | Terça- feira 19/04/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudo do mercado | 16 dias | Terça- feira 19/04/ 16 | Quarta- feira 04/05/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Equipamentos necessários | 1 dia | Quarta- feira 04/05/ 16 | Sexta- feira 06/05/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudo da viabilidade técnico-económica da implementação das medidas de eficiência energética | 1 semana | Sexta- feira 06/05/ 16 | Sexta- feira 13/05/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monitorizaçãodos consumos energéticos e da qualidade da energia associados aos edifícios B,G e H. | 3 semana s | Sexta- feira 13/05/ 16 | Sexta- feira 03/06/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Configuração da implementação de analisadores de energia e das características chave a serem monitorizadas | 1 semana | Sexta- feira 03/06/ 16 | Sexta- feira 10/06/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Orçamento de analisadores de energia | 1 semana | Sexta- feira 10/06/ 16 | Sexta- feira 17/06/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Conclusões | 3 dias | Sexta- feira 17/06/ 16 | Segun- da- feira 20/06/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Finalização e retificação do relatório | | Segun- da- feira 20/06/ 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |